

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

01.3.2004

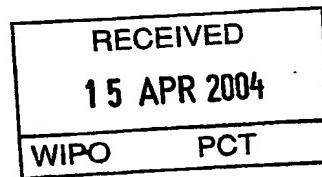
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2004年 2月26日
Date of Application:

出願番号 特願2004-051277
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2004-051277]

出願人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

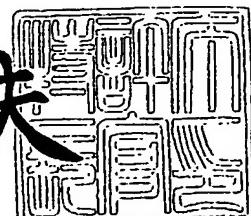


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2004-3027419

【書類名】 特許願
【整理番号】 0000874-01
【提出日】 平成16年 2月26日
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 B01F 3/08
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 【氏名】 山崎 剛生
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 【氏名】 江崎 隆博
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 【氏名】 寺崎 敦則
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 【氏名】 安田 進
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 【氏名】 今村 剛士
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 【氏名】 中窪 亨
【特許出願人】
 【識別番号】 000001007
 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社
 【代表者】 御手洗 富士夫
【代理人】
 【識別番号】 100069017
 【弁理士】 渡辺 徳廣
 【氏名又は名称】 渡辺 徳廣
 【電話番号】 03-3918-6686
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003- 56141
 【出願日】 平成15年 3月 3日
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-375388
 【出願日】 平成15年11月 5日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 015417
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9703886

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

流体の流れを制御するためのバルブを備えた流体搬送装置であって、前記流体の流路と、前記流路の途中に位置するバルブとを備え、前記バルブは、前記流路に前記流体が流れたときに前記バルブの上流側と下流側との間に生じる圧力差に応じて作動し、前記圧力差が所定の値 P_0 未満のときは流体を通過させ、前記圧力差が前記 P_0 以上のときは流体の流れを遮断することを特徴とする流体搬送装置。

【請求項 2】

前記バルブは、前記流路の所定位置に配置するための弾性体を備えることを特徴とする請求項 1 記載の流体搬送装置。

【請求項 3】

前記バルブは、所定の方向に流体が流れるときは通過させ、前記所定の方向と逆方向に流れるときは、前記圧力差が P_0 未満のときは通過させ、前記圧力差が P_0 以上のときは流体の流れを遮断することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の流体搬送装置。

【請求項 4】

前記流路は、前記流体を搬送するための第一の流路と、前記第一の流路から分岐した第二の流路および第三の流路からなり、前記第二の流路に前記バルブを備え、前記第三の流路は前記流体の分析を行うための流体素子に接続され、前記圧力差が P_0 未満のときは、流体は前記第一の流路から前記第二の流路に搬送され、前記圧力差が P_0 以上のときは、前記流体は前記第一の流路から前記第三の流路に搬送されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の流体搬送装置。

【請求項 5】

前記第三の流路の流路抵抗が、前記バルブが開状態である時の前記第二の流路の流路抵抗よりも大きいことを特徴とする請求項 4 記載の流体搬送装置。

【請求項 6】

前記流体素子が、液体クロマトグラフィ用カラムであることを特徴とする請求項 4 または 5 記載の流体搬送装置。

【請求項 7】

前記液体クロマトグラフィ用カラムは、前記流体中に含まれる化学物質を分析するためのものであることを特徴とする請求項 6 記載の流体搬送装置。

【請求項 8】

前記液体クロマトグラフィ用カラムは、前記流体中に含まれるたんぱく質を分析するためのものであることを特徴とする請求項 6 記載の流体搬送装置。

【請求項 9】

前記流路は、4つの流路とその交差部とを有し、前記流路のうち2つの流路の途中に位置する第一および第二のバルブとを備え、前記第一のバルブは、前記交差部方向への前記流体の流れを通過させ、前記第二のバルブは、前記第二のバルブを備えた流路に前記流体が流れたときに前記バルブの上流側と下流側との間に生じる圧力差に応じて作動し、前記圧力差が所定の値 P_0 未満のときは流体を通過させ、前記圧力差が前記 P_0 以上のときは流体の流れを遮断することを特徴とする請求項 1 記載の流体搬送装置。

【請求項 10】

前記流体の分析を行うための流体素子を更に備え、前記圧力差が前記 P_0 以上のときに、前記交差部の流体が前記流体素子に搬送されることを特徴とする請求項 9 記載の流体搬送装置。

【請求項 11】

前記バルブは、前記圧力差が生じたときに作動可能な可動部に設けられた可動電極と、前記可動電極に対向するように設けられた固定電極とを有し、前記可動電極と前記固定電極との間に生じる静電容量を検出するための検出手段を更に備え、前記検出された静電容量に基づき前記流体の流れを制御することを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の液体搬送装置。

【請求項12】

前記バルブは、前記圧力差が生じたときに作動可能な可動部に設けられた可動電極と、前記可動電極に対向するように設けられた固定電極とを有し、前記可動電極と前記固定電極との接触を検知する手段を更に備え、前記検知手段に基づいて、前記流体の流れを制御することを特徴とする請求項1乃至10のいずれかに記載の液体搬送装置。

【請求項13】

燃料を貯蔵するための燃料貯蔵部と、前記燃料により発電するための発電部と、前記燃料貯蔵部と前記発電部との間の燃料の流路に備えられたバルブとを有し、前記バルブは、前記流路に前記燃料が流れたときに前記バルブの上流側と下流側との間に生じる圧力差に応じて作動し、前記圧力差が所定の値 P_0 未満のときは燃料を通過させ、前記圧力差が前記 P_0 以上のときは燃料の流れを遮断することを特徴とする燃料電池。

【書類名】明細書

【発明の名称】流体搬送装置および燃料電池

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体の流れを制御するためのバルブを備えた流体搬送装置に関し、特にチップ上で化学分析や化学合成を行う小型化分析システム (μ -TAS : Micro Total Analysis System)において、流体の流れを制御するためのバルブを用いた流体搬送装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、立体微細加工技術の発展に伴い、ガラスやシリコン等の基板上に、微小な流路とポンプ、バルブ等の流体素子およびセンサを集積化し、その基板上で化学分析を行うシステムが注目されている。これらのシステムは、小型化分析システム、 μ -TAS (Micro Total Analysis System) あるいはLab on a Chipと呼ばれている。化学分析システムを小型化することにより、無効体積の減少や試料の分量の大幅な低減が可能となる。また、分析時間の短縮やシステム全体の低消費電力化が可能となる。さらに、小型化によりシステムの低価格を期待することができる。 μ -TASは、システムの小型化、低価格化および分析時間の大幅な短縮が可能なことから、在宅医療やベッドサイドモニタ等の医療分野、DNA解析やプロテオーム解析等のバイオ分野での応用が期待されている。

【0003】

上記した μ -TASにおいて、微小流路内の流体の流れを制御するために、様々な形態のバルブがこれまでに提案されている。マイクロマシーニング技術を用いてシリコン基板上形成されたマイクロバルブが報告されている（非特許文献1参照）。該マイクロバルブは、シリコンのダイヤフラムを圧電アクチュエータで駆動することにより、流体の流れを制御することが可能である。また同文献では、多結晶シリコンの板上の駆動部材を弾性的に支持した一方通行バルブ (One-way Valve) が報告されている。該バルブは、流れてくる流体自体により駆動部を動作させ、駆動部に対向した位置に形成された孔をふさぐことにより流路を遮蔽する。このように、アクチュエータを備えずに、流体そのものにより動作するバルブは、受動バルブ (Passive valve) と呼ばれている。受動バルブは、アクチュエータが不要なので、比較的単純な構造で流体を制御できる、作製コストが低い等の利点がある。

【0004】

また、上記した μ -TASにおいて、微小流路中の流体の流れを制御するために、様々な形態の流量計がこれまでに提案されている。例えば、流路内に導電性薄膜からなるヒーターおよび温度センサを備え、流量に応じた温度変化を導電性薄膜の抵抗値の変化として検出することで流量を算出する（特許文献1参照）。前記流量計は微小流路中の流量を計測する方法として、微小流路基板に組み込むことが可能である。

【0005】

一方、これまでに、微小流路中から一定量のサンプルを切り取る方法に関しては、電気浸透流を用いた例が多数報告されている。電気浸透流とは、液体を搬送したい2点間に電圧を印加することにより液体全体に一定の駆動力を発生させる方法であり、特に100 μ m以下の微小な流路における液体の搬送に適した方法である。この現象を利用し、例えば図8 (a) に示す液体搬送装置800のように、電気浸透流でリザーバ802から流路806、交差部809、流路808、リザーバ804の経路で液体を流した後、図8 (b) に示すように、リザーバ801から流路805、交差部809、流路807、リザーバ803の経路で液体を流し、交差部809中の流体を切り取って一定量のサンプル810を形成し分析領域に搬送するというシステムがよく用いられている。以降、この切り取られた一定量サンプルのことをサンプルプラグと定義する。昨今では、サンプルプラグの形状制御の方法や、搬送する流路の複雑化、システムの効率化など、様々な工夫が成されてい

る。

【0006】

流体導入時の交差する流路へのサンプルの広がりの抑制、およびサンプルプラグ形成時の量と形状の制御を、各電極間の電位差の時間的制御により達成している（特許文献2参照）。

【0007】

また、流路の組み合わせを複雑化することにより、2種類の流体を同一の分析領域にサイクリックに導入する方法を確立している（特許文献3参照）。

上述の従来技術においては、電気浸透流によって搬送されるサンプルプラグ中の溶質は、電気泳動効果により成分ごとにその質量や電荷により決まる移動速度を持つようになる。その移動速度の差により、例えば図8（c）に示したように、サンプルプラグは流路中で811のように分離し、外部検出器812により溶液中に含まれていた成分の分析を行うことが出来る。これは、言い換えればこのシステムにおいては、サンプルプラグが形成された瞬間から成分の分離は開始されており、以降のサンプルプラグの移動は単なる搬送ではなく、既に分析の一部分であるということである。サンプルの搬送と分析が一つに集積化されたシステムであると言える。

【特許文献1】特開2002-355798

【特許文献2】米国特許明細書第5900130号

【特許文献3】米国特許明細書第6153073号

【非特許文献1】M. Esashi, S. Shoji, and A. Nakano, "Normally closed microvalve and micropump fabricated on a silicon wafer," Sensors and Actuators, Vol. 20, No. 1-2, p. 163-169, 1989年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、サンプルプラグ形成後すぐに分離が開始されるということは、逆に言えば元の組成のままのサンプルを搬送することが出来ない。よって、電気泳動による分離ではなく、例えば他の分析装置に一定量のサンプルを搬送する必要がある場合、上述の方法では対応出来ない。また、電気浸透流は圧力が低いので、HPLCカラムのような流抵抗の大きい分析機器にサンプルを導入する場合には適さない。

【0009】

これに対し、流体にポンプ等を用いて圧力を印加して搬送の駆動力とし、マイクロバルブによりその流路の制御を行う方法があり、一定量のサンプルを切り取る操作は可能である。しかし、従来技術で紹介したように、これまで提唱されてきたマイクロバルブは、例えばピエゾ素子や静電駆動、圧力等の動源を外部に必要とし、また非常に複雑な構造物を作製しなければならない。また、従来技術の項で紹介した受動バルブは、複雑な機構は必要としないが、一方向バルブ、逆止バルブとしての機能しか有していない。このため、従来技術の受動バルブのみで、一定量のサンプルを搬送するような複雑なシステムを構成するのは困難である。

【0010】

よって、本発明の課題は、例えば一定量のサンプルを搬送するような複雑なシステムを構成することが可能な受動バルブを提供することである。さらに、微小流路から一定量のサンプルを切り取る工程をバルブの開閉の制御により行う微小流路装置からなる流体搬送装置を提供することである。

【0011】

また、従来の流量計を用いて流量を検出し、その流量に応じて流体の搬送圧力の調整及びバルブの開閉を行う場合、流量計とアクティブの駆動可能なマイクロバルブの両方が必要になる。また、従来の流量計及びアクティブ駆動のマイクロバルブは、構成が複雑であ

り、流量計とマイクロバルブの両方を備えることにより、システム全体が大型化する可能性がある。

【0012】

よって、本発明は、簡単な構造で流量計の機能を兼ね備えた受動バルブを有する流体搬送装置を提供することである。

さらに、本発明は、上記のバルブを用いて構成した流体搬送装置を利用して、簡単な構造で正確な燃料制御を行うことができる燃料電池を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決するための本発明は、流体の流れを制御するためのバルブを備えた流体搬送装置であつて、前記流体の流路と、前記流路の途中に位置するバルブとを備え、前記バルブは、前記流路に前記流体が流れたときに前記バルブの上流側と下流側との間に生じる圧力差に応じて作動し、前記圧力差が所定の値 P_0 未満のときは流体を通過させ、前記圧力差が前記 P_0 以上のときは流体の流れを遮断することを特徴とする流体搬送装置に関する。

【0014】

また、本発明は、燃料を貯蔵するための燃料貯蔵部と、前記燃料により発電するための発電部と、前記燃料貯蔵部と前記発電部との間の燃料の流路に備えられたバルブとを有し、前記バルブは、前記流路に前記燃料が流れたときに前記バルブの上流側と下流側との間に生じる圧力差に応じて作動し、前記圧力差が所定の値 P_0 未満のときは燃料を通過させ、前記圧力差が前記 P_0 以上のときは燃料の流れを遮断することを特徴とする燃料電池に関する。

【発明の効果】

【0015】

本発明により、例えば一定量サンプルを搬送するような複雑なシステムを構成することが可能な受動バルブを提供することができる。さらに本発明のバルブを用いて構成した流体搬送装置を提供することができる。さらに、本発明の流体搬送装置では、微小流路から一定量のサンプルを切り取る方法として、流路中を流れる流体の圧力を変化させることにより開閉の制御を行うバルブを有する方法を用いているので、搬送中に液体中の成分の分離が行われることなく、元の組成を保ったままサンプルを他の分析装置へ搬送することができる。また、高圧力によるサンプルの搬送も可能となる。

【0016】

さらに、本発明のバルブを用いて構成した流体搬送装置を利用して、簡単な構造で正確な燃料制御を行うことができる燃料電池を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態を詳細に説明する。

ここで、本発明における流体とは、気体または液体を指すものとする。

(バルブの説明)

図3は、本発明のバルブの構造の一例を概略図で示したものである。図3(a)にはバルブ300の上面図、図3(b)には断面図を示す。バルブ内の流路は、細い流路303を有する領域と、太い流路304、305を有する領域に分けられる。遮蔽部は301に示す平板の形状であり、流路304と305の間に、バネ302によって弾性支持された平板301が流路と垂直に、そして流路303の入り口とある距離を保って設置されている。平板301の径は流路303の径よりも大きく、平板301が流路303に向かって変位して流路303と流路305の境界に達した場合、流体の流れを塞ぐことが可能となる。

【0018】

図4(a)に、このバルブに流路304から流路303の向きに液体が流れる場合の経路を示す。このような流れにおいては、液体が流路305を流れる間に圧力の低下を生じ

る。これにより、平板301の表面では、流路304側と流路305側で圧力差が発生する。この圧力差が駆動力となり、平板301は流路303の入り口に向かって変位する。

【0019】

図4 (b) は、流路304から流路303への液体の流れにより生じる圧力差 P_1 が閾値 P_0 よりも低い場合を示す。平板301は、流路304側と流路305側の圧力差により変位するが、これを保持するバネ302の弾性による復元力により、流路303の入り口を塞ぐまでには至らない。従って、流体は401に示すように、流路304から303へ抜けていく。液体の搬送を止めると、バネ302の復元力によって平板301は元の位置に戻る。

【0020】

一方、図4 (c) は、流路304から流路303への液体の流れにより生じる圧力差 P_2 が閾値 P_0 以上である場合を示す。平板301は、流路304側と流路305側の圧力差により変位し、やがて流路303の入り口を塞ぐ。これにより流体の流れは402に示すように流路304内で止まり、平板301は液体の圧力によって、流路303の入り口をシーリングした状態で保持され続ける。流路304側から印加されている圧力が取り除かれると、平板301はバネ302の復元力によって流路303の入り口から離れ、液体の搬送が止まつたら元の位置に戻る。

【0021】

また、このバルブは、流路303から流路304への流れに関しては常に通過させることが構造上明らかである。そのため、流路304から流路303への流れによって生じる圧力差が閾値 P_0 以上で動作させる場合に限れば、このバルブは逆止バルブと同じ機能を有することになる。

【0022】

液体によりバルブの前後に生じる圧力の異なる液体搬送機構を用いることにより、バルブの開閉を制御し流体の流れを制御するシステムを構成することが可能となる。

バルブが駆動する圧力範囲はバネ302のバネ定数、および平板301と流路303の距離及び平板301の直径、流路303の直径により決定される。この内バネ定数は、バネ302の長さ、厚み、本数、材質により決定される。これらを最適化することで、必要な圧力範囲で開閉の切り替わるバルブを設計することが出来る。また、バルブが閉じた状態の時、平板301は流体の圧力により保持されるため、高いシーリング効果が期待でき強度も高い。

【0023】

また、液体の搬送を止めたときに、バネの復元力で平板301は元の位置に戻る。これにより、従来のマイクロバルブで問題となりやすかったSticking (はりつき)、すなわち平板が対向した基板に表面張力によりはりついたまま元に戻らないという問題が発生しにくい。

【0024】

Stickingが特に問題とならないような場合には、バネ定数を弱くすることにより、液体の搬送を止めた後も、表面張力により平板301が元の位置に戻らずに閉状態が維持するように設計することも可能である。このような場合は、流路303側から圧力を印加することにより、平板301を元の位置に戻すことが可能である。上記のことは、平板301と流路303の距離を短くし、閉状態におけるバネの復元力を小さくすることによっても実現することが可能である。

【0025】

バネ302および平板301の材質としては、分析する溶液に対して耐性があり、かつ弾性変形に対してある程度の耐性を持つ、例えばシリコンが望ましい。シリコーン等の樹脂を用いることも可能である。必要に応じて、表面をコーティングしても良い。また流路を形成するその他の基板に関しては、分析する溶液に対して耐性がある材料であれば特に制限がない。例えば、ガラス、シリコン、シリコーン樹脂等が挙げられる。また液体の搬送に電気浸透流を用いる場合は、電気浸透流を発生させる材料を選択することが可能であ

る。

【0026】

また、遮蔽部を平板状にし、対向する基板との間にギャップを形成することにより、該ギャップ間を流体が流れるときに圧力低下が発生し、遮蔽部の上下で圧力差が発生する。この圧力差により、遮蔽部が基板方向に移動する。

【0027】

また、遮蔽部の形状は、対向した開口を遮蔽することが可能な形状であれば特に制限はない。特に円形状が、流れの対称性の観点から好ましい。特に断面が円形の流路に対し、流路と中心を同一とする円形状の平板を配置することが好ましい。これにより、流路305における流体の流れおよび圧力分布が中心軸に対して対称となり、遮蔽部の変位を安定させることができるとなる。

【0028】

図3に示した本発明のバルブでは、平板301をバネ302で支持した形態となっている。このような形態の場合、平板をほとんど変形させずに、バネ部のみを変形させ、平板301の位置を変位させることも可能である。この場合は、平板301の変位が安定するので、安定した閾値圧力を得ることができる。バネ302のみを変形させる場合は、バネ定数が小さくなるように設計する。バネ302を薄く、長くすることにより、個々のバネのバネ定数は小さくなる。バネの本数を減らすことにより、バルブ全体のバネ定数を小さくしても良い。もしくは平板301を厚くすることにより平板を変形しにくい形状に設計しても良い。

【0029】

また、平板301およびバネ302の形状を適切に設計することにより、平板、バネとともに変形させることも可能である。この場合は、バネ302のバネ定数が大きくなるように設計する。もしくは平板を薄くすることにより変形しやすくしても良い。平板、バネとともに変形する場合は、平板301の中心部が凹形状に変形して、外縁部に沿って流路303を塞ぐことが可能である。これにより、シール性の向上を期待することができる。

【0030】

バネ302の断面形状としては、特に制限がない。図3に示したような断面が長方形の板形状でも良いし、湾曲した形状、蛇行形状としても良い。バネ部の厚さを平板部と異なる厚さにしても良い。

【0031】

例えば断面が円形の流路内に流路と中心を同一とする円形状の平板を支持する場合、バネ302による支持位置は、中心軸に対して対称な位置であることが好ましい。これにより、流路305における圧力分布が中心軸に対して対称となるとともに、平板の変位も対称となる。このことにより、安定した閾値圧力が得られる。また閉状態におけるシール性も向上する。

【0032】

複数のバネで平板を支持する場合は、バネ定数の等しい複数のバネで支持することが平板の変位の安定性の点で好ましい。

また本項では、平板上の遮蔽部を板バネで弾性支持した形態を例にとり説明したが、本発明の実施形態はこれに制限されるものではない。例えば片持ち梁や両持ち梁のように、遮蔽部の片端もしくは両端を固定することにより弾性支持しても良い。

【0033】

(バイパスライン)

以下に本発明のバルブを用いて構成した流体システムの一例を説明する。

図9は、本発明のバルブを用いて構成した流体システムである。本システムは流路901、バイパス流路902、流路903、バルブ904、HPLCカラム905より構成される。流路901は、その下流部でバイパス流路902と流路903に分岐する。流路903は、HPLCカラム905に接続している。バイパス流路902中にはバルブ904が設置されている。バルブ904は上で説明したバルブと同様の構成であり、図の左から

右の方向への流れに関して、バルブ前後の圧力差が P_0 未満の場合には通過させ、バルブ前後の圧力差が P_0 以上の流れに関しては遮断する。

【0034】

HPLCで分析を実施する場合、カラム前段の前処理部において、洗浄、濃縮等の試料の前処理を実施する場合がある。図9のシステムでは、流路901に上流に位置する前処理部（不図示）で処理した試料を流路901、流路903を通して、HPLCカラム905に導入する。このとき、前処理部から流路901に流入する試料のうち初期のものは、夾雑物等が多く含まれていて分析に適さない場合がある。したがって、流入初期の試料をバイパス流路902側に搬送し、カラム905への導入を避けることにより正確な分析が可能となる。

【0035】

前処理部から流路901に試料を搬送するときに、はじめは、バルブ904の前後の圧力差が閾値 P_0 未満となるような条件（導入圧力、導入流量）で試料を搬送する。この場合は、バルブ904は開放したままである。流路903およびHPLCカラム905側の流抵抗は、バイパス流路902側の流抵抗と比較してはるかに大きい。したがって、夾雑物等の混入した恐れのある試料はバイパス流路902側に搬送され、HPLCカラム905には導入されない。

【0036】

次に、十分時間が経過した後、バルブ904の前後の圧力差が閾値 P_0 以上となるような条件（導入圧力、導入流量）で試料を搬送する。これによりバルブ904は閉状態となる。これにより、試料は流路903を介してHPLCカラム905に導入される。

【0037】

以上説明したように、バイパスライン902に本発明によるバルブ904を設置し、搬入条件を制御することにより、前処理部からの試料のうち分析に適さない部分を、バイパスライン902側に搬送することが可能となる。

【0038】

本項では、HPLCカラムを例にとり説明したが、本発明の範囲はこれに限定されるものではない。バイパスラインが必要となる流体素子に関しては、本実施形態と同様のシステムを適用することが可能となる。

【0039】

(一定量の試料を導入する方法)

さらに、本発明の液体搬送装置は、微小流路システムにおいて一定量の試料を導入する方法に用いられる。図1は、本発明の液体搬送装置の実施形態の一例を示す概念図である。図1(a)に示す液体搬送装置100は、第一の流路に相当する流路105、第二の流路に相当する流路106、流路107、第三の流路に相当する流路111、第四の流路に相当する流路110、および流路109、および4つの流路の交差部となる注入用交差箇所108を有している。また、流路106と流路107の間には第一のバルブに相当するバルブ112を、流路109と流路110の間には第二のバルブに相当するバルブ113を有している。流路105には、注入用交差箇所108とは逆側の端にリザーバ101が、流路111には、注入用交差箇所108とは逆側の端にリザーバ103が、流路106には、バルブ112とは逆側の端にリザーバ102が、流路110には、バルブ113とは逆側の端にリザーバ104が接続されている。

【0040】

リザーバ101、102、103、104のそれぞれは、電極（図示しない）と関連付けられていて、これら電極は各電極における電圧を制御するための制御手段によって電源（図示しない）に接続されている。リザーバ101には、流路中に圧力を印加するためのポンプ（図示しない）が接続されており、リザーバ103は外部の分析装置に接続されている。バルブ112は、流路106から流路107への流れは常に通過させ、逆の向きの流れは遮断する逆止バルブである。また、バルブ113は、流路109から流路110への流れに対し、バルブの前後に発生した圧力差が閾値 P_0 よりも低い場合は液体を通過さ

せ、 P_0 以上の場合は液体の流れを遮断するように設計されたバルブである。

【0041】

以下の説明では、液体搬送装置の外部に分析機器が接続されていて、該分析装置に試料を導入する方法を説明してある。このような場合、複数種類の分析機器を使用するときに、接続する分析機器を交換して接続できるという利点がある。しかしながら本発明はこれに限定されるものではない。同一のμTASチップ上に、本発明の液体搬送装置および分析機能を有する領域が形成されていても良い。このような場合には、搬送装置の近くに分析領域が形成されているので、搬送時間の短縮が可能である。また、接続部が不要なので、サンプルプラグの形状が乱れにくく、分析の信頼性が向上する。さらにデッドボリュームが減少するので、緩衝液、移動相の量が少なくて済む。

【0042】

以下、液体搬送装置100により、本発明の液体の搬送方法により、一定量のサンプルを切り取る工程について説明する。

(a) 工程

(a) 工程では、第一の流路、第二の流路、第三の流路、第四の流路およびそれら4つの流路の交差部に第一の液体を満たす。

【0043】

液体搬送装置100中の全ての流路、及びリザーバは、キャリア用液体の媒体、例えば緩衝液によってリザーバおよびチャネルを充満することによって使用できるよう準備されている。

【0044】

(b) 工程

(b) 工程では、第一の液体搬送機構を用いて、第二の液体を第二の流路、前記4つの流路の交差部、第四の流路の順に導入する。

【0045】

(b) 工程を図1 (b) に示す。リザーバ102に分析対象となる材料を含んだサンプルを導入し、サンプルが電気浸透流により、リザーバ102、流路106、バルブ112、流路107、注入用交差箇所108、流路109、バルブ113、流路110、リザーバ104という経路で移動するように、各リザーバの電位を調節する。例えばリザーバ102における電位をリザーバ104よりも高くすることで、この流れを形成することが出来る。また、リザーバ101とリザーバ103の電位を、注入用交差箇所108の位置における電位と近い値に調節することで、注入用交差箇所108から流路105、および流路111へのサンプルの染み出しを防ぐことができる。本実施形態においては、電気浸透流によりバルブ内に発生する圧力差 P_1 はバルブが駆動する閾値である圧力差 P_0 よりも小さいため、図1 (b) の工程中、バルブ113は開いた状態になっている。バルブ112に関しては、液体の流れは流路106から流路107への流れであるため、これも開いた状態になっている。

【0046】

(c) 工程

(c) 工程では、前記4つの流路の交差部近傍の第二の液体を第二の液体搬送機構を用いて第三の流路に導入する工程を含む。

【0047】

次に、(c) 工程を図1 (c) に示す。リザーバ101より、ポンプにて前記電気浸透流よりも高い圧力を印加する。これにより、バルブ内に発生する圧力差 P_2 はバルブが駆動する閾値である圧力差 P_0 以上の値になり、バルブ113は流路109から流路110への液体の流れを遮断する。また、バルブ112も流路107から流路106への流れを遮断する。これにより、高圧力印加後の液体の流れは、流路105、注入用交差箇所108、流路111と移動する一つの経路のみとなり、この流れにより注入用交差箇所108中にあった流体は切り取られサンプルプラグ114を形成し、流路111、リザーバ103を経由して他の分析装置へ搬送される。

【0048】

また、図2 (a)、(b)に示すように、第二の流路と第四の流路の位置関係を横にずらすことにより注入用交差箇所108の長さを調節することができ、搬送するサンプルプラグの量を変化させることも可能である。さらには、図2 (c)、(d)に示すように、第一の流路と第二の流路の位置関係を入れ替えたシステムを作製することも可能である。

【0049】

また、(c)工程において、バルブ113が流体の流れを完全に遮断せずに、少量の流体が流路109から流路110へ流入するように設計することも可能である。このことにより、注入用交差箇所108中にあった流体は切り取られやすくなり、サンプルプラグ114を安定して形成することが可能となる。

【0050】

本項では、第一の液体搬送機構として電気浸透流、第二の液体搬送機構としてポンプを用いたが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、第一の液体搬送機構、第二の液体搬送機構ともにポンプを用いて、その送液条件（圧力、流量）を制御することにより、一定量の試料の導入を実現することも可能である。ポンプを用いる場合は、圧力を制御するモードで駆動しても良いし、流量を制御するモードで駆動しても良い。また、液体搬送機構としてピペット等を用いることも可能である。

【0051】

また、本発明のバルブは、一定量のサンプルを搬送する用途以外にも、様々な用途で用いることが可能である。例えば、流路構成、バルブの設置位置、バルブ動作の閾値圧力、液体搬送の条件（ポンプの送液条件、電気浸透流を発生させる電極の切り替え等）を、所望のシステムに合わせて設計することにより、種々のシステムを実現することが可能となる。

【0052】

（流量を検出し流体を搬送するための圧力発生手段を制御する流体搬送装置）

さらに、本発明の流体搬送装置は、流量を制御しながら流体を搬送する場合に用いられる。図10 (a)は本発明の流体搬送装置の流量を制御するのに用いる実施形態の一例を示す図である。図10 (a)に示す流体搬送装置1001は、流体が流れたときにバルブの上流側と下流側との間に生じる圧力差に応じて作動可能な可動部である平板301に第1の電極（可動電極）1002と、バルブシート1004に第2の電極（固定電極）1003を有している。ここで、バルブシートとは、電極が形成されていないときの、平板301が流路303を塞ぐ際に接触する部分のことを意味する。また、第1の電極と第2の電極上に絶縁膜を有していてもよい。図10 (b)はB-B'断面図である。図10 (b)に示すように、B-B'断面の上側に第1の電極1002及び引き出し配線1005、B-B'断面の下側に第2の電極1003及び引き出し配線1005が形成されている。本発明の流体搬送装置の上流側に流体を搬送するためのポンプ（図示しない）が接続されている。さらに、図示してはいないが、前記第1の電極1002と前記第2の電極1003は、前記電極間の静電容量を検出するための検出手段に接続されている。検出手段により検出された静電容量に基づき、流体の流れが制御される。

【0053】

以下に、本発明の流体搬送装置を用いて流量を検出する方法を説明する。

まず、前記第1の電極と前記第2の電極の間に生じる静電容量は次式（1）により決まる。

【0054】

【数1】

$$C = \frac{\epsilon S}{d} \quad (1)$$

【0055】

ここで、 C は静電容量、 ϵ は流体の誘電率、 S は電極の面積、 d は電極間の距離である。図10(c)に示す初期状態の静電容量は式(1)から C_0 とする。次に、流路304から流路303へ流体が流れると、平板301の上流と下流で圧力差が生じ、第1の電極1102がバルブシート1104へ移動する。このとき、電極間距離が短くなるため静電容量は $C_1 > C_0$ に変化する。なお、流量に応じて平板の移動位置は変化する。従って、静電容量は流体の流量によって変化するため、電極間の静電容量を計測することで流量を算出することができる。尚、図10(c)の白抜き矢印は、流体の相対的な流量を模式的に示している。

【0056】

以下、本発明の流体搬送装置を用いて流量を制御する工程を図17のフローチャートを用いて説明する。

まず、本発明の流体搬送装置に流れる流量を電極間に生じる静電容量に基づいて検出す。次に、検出した流量が基準流量を上回るか下回るかを判断する。次に、流量が所定の基準流量を下回る場合には、ポンプへ圧力を上げる命令を下し、流量が所定の基準流量を上回る場合には、ポンプへ圧力を下げる命令を下す。この工程を繰り返すことによって、微小流体システムの流体は所望の流量に制御される。

【0057】

また、ここで、流体を搬送する圧力発生手段としてポンプを使用したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、流路内に設けたヒーターで流体を加熱し、気体の圧力をを利用して搬送する方法がある。この場合、加熱条件を制御することにより搬送流量を制御することが可能である。

【0058】

(流量に応じて流体を搬送するための圧力発生手段を制御する流体搬送装置)

本発明の流体搬送装置は、搬送する流体の量に応じて、微小流路システムを制御する外部回路のスイッチを入れる場合に用いられる。この場合は、平板301に設けられた第1の電極(可動電極)1102と、バルブシート1104に設けられた第2の電極(固定電極)1103との接触を検知することにより、流体の流れを制御する。

【0059】

以下、図11を用いて流量を制御する工程について説明する。また、図18に制御方法のフローチャートを示す。

まず、図11(a)に示すように流体が流れていない初期状態は、所定の距離を有しているため電極は接触しない。次に、流路304から流路303へ流体が流れると、平板301の上流側と下流側の間に圧力差が生じ、第1の電極1102はバルブシート1104へ変位する。流体の流れにより生じる圧力差がバルブ閉状態になる閾値圧力より小さい場合、図11(b)に示すように電極は接触しない。電極が接触しない場合は、ポンプに圧力を発生させる命令を下す。圧力差がバルブ閉状態になる閾値圧力より大きい場合、図11(c)に示すように第1の電極1102は第2の電極1103と接触し、外部回路によって検知される。接触した場合、ポンプに圧力の発生を停止する命令を下す。また、圧力差がバルブ閉状態になる閾値圧力より小さくなると、バルブはバネ302の復元力によって開状態になる。よって、第1の電極1102と第2の電極1103は接触しないため、ポンプに圧力を発生させる命令を下す。この工程を繰り返すことによって、微小流体システムは所望の流量に制御される。

尚、図11(b)及び図11(c)の白抜き矢印は、流体の相対的な流量を模式的に示している。

【0060】

また、ここでは、流体を搬送する圧力発生手段としてポンプを使用したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、流路内に設けたヒーターで流体を加熱し、気体の圧力をを利用して搬送する方法がある。この場合、加熱条件を制御することにより搬送流量を制御することが可能である。

【0061】

次に、本発明の流体搬送装置を使用し、燃料電池における燃料の供給を制御するための装置について説明する。以下、本発明の流体搬送装置を搭載した燃料電池について説明する。

【0062】

図12は燃料電池の平面図、および図13は燃料電池の正面図である。図14は燃料電池のシステムの概要図である。図15は図12および図13に示すマイクロバルブの拡大図である。燃料電池の外寸法は50mm×30mm×10mmであり、通常コンパクトカメラで使用されているリチウムイオン電池の大きさとほぼ同じである。

【0063】

図12および図13に示すように、燃料電池は酸化剤として反応に用いる酸素を外気から取り入れるため、上下面、及び側面に外気を取り入れるための通気孔1301を有する。また、この通気孔1301は生成した水を水蒸気として逃がしたり、反応により発生した熱を外に逃がす働きもしている。また、電気を取り出すための電極1302がある。1303は燃料注入口である。また、図14に示すように、燃料電池は高分子電解質膜1501、セル電極の酸化剤極1502、燃料極1503、触媒からなる燃料電池セル（発電部）1306と、燃料を貯蔵する燃料タンク（燃料貯蔵部）1304、燃料タンクと各セルの燃料極とをつなぎ、燃料の流量を制御するためのバルブを有する燃料供給部1404によって構成されている。更に、図15に示すように、燃料供給部は燃料極に燃料を供給する燃料極室1601と、酸化剤極に酸化剤を供給する酸化剤極室1502と、燃料流路で燃料の供給を制御するマイクロバルブ1305によって構成されている。

【0064】

燃料タンク1304について説明する。タンクの内部には水素を吸蔵することが可能な水素吸蔵合金が充填されている。水素吸蔵合金として、例えばLaNi₅を用いる。燃料タンクの容積を燃料電池全体の半分とし、タンク肉厚を1mm、タンク材質をチタンとする。貯蔵された水素は水素吸蔵合金を加熱することで発電セルに供給される。ここで、本実施例における水素とは、気体水素を指すものとする。

【0065】

図14を用いて、燃料電池の発電工程について説明する。水素は燃料タンク1304から燃料供給部1404を通って燃料極1503に供給される。矢印1307は水素の供給方向を模式的に表す。一方、外気中の酸素は通気孔1301を通って酸化剤極1502に供給される。矢印1308は空気の供給方向を模式的に表す。これにより高分子電解質膜1501表面は電気化学反応を生じる。このようにして、前記燃料電池は発電する。また、発電された電気は電極1302から小型電気機器に供給される。矢印1309は発電された電気の供給方向を模式的に表す。

【0066】

次に、燃料電池の発電に伴うバルブの開閉動作について、図16を用いて説明する。発電停止中は燃料極室1601の水素は消費されないため、燃料タンクから新たに水素は供給されない。この時、バルブは開状態である〔図16(a)〕。発電が始まると燃料電池室の燃料は消費され、燃料極室の燃料の圧力は下がっていく。これにより、水素は燃料タンクからバルブを通して供給される。従って、平板はバルブシート側に移動する〔図16(b)〕。発電が停止すると、水素は消費されずに燃料極室に残留するため、燃料タンクから新たに燃料は供給されない。これにより、平板は開状態になる〔図16(c)〕。

【0067】

次に、本発明のバルブを用いて発電セルを保護するストップバルブとしての機能を説明する。

(燃料タンクに水素を充填する間、発電セルを保護する機能)

燃料電池において、水素吸蔵合金が十分な吸蔵量を得るために、燃料タンク内の圧力を数気圧程度にする必要がある。一方、発電セル側は外気を利用するため、その圧力は1気圧程度である。これにより、燃料タンクから発電セルに急激に水素が流れ込むことによ

る発電セル内部の破損を防ぐ必要がある。

【0068】

本発明の液体搬送装置を燃料タンクと発電セルとの間に設けるように構成することで、本発明のバルブは、燃料タンクに水素を充填する間、発電セルに水素が急激に流れ込むことを防ぐ機能を有する。

【0069】

過剰の水素が燃料供給部に流れ込んだ時、バルブが閉じるため、発電セル内に急激に水素が流れ込むことを防ぎ、発電セルを保護することができる。矢印1603は燃料タンクから流れ込む水素を模式的に示している。

【0070】

次に、水素吸蔵合金が水素を吸蔵すると燃料タンク内の圧力は低下する。バルブの燃料タンク側と発電セル側の圧力差は前記バルブの閉る閾値圧力より小さくなり、バネの復元力によりバルブが開く。これにより、発電セルに水素を供給することができる【図16(b)】。

【0071】

以上説明したように、本発明の流体搬送装置は、燃料タンクに水素を充填する間、発電セルを保護するストップバルブとして機能する。さらに、燃料タンク内の圧力が低下すると自動的に燃料を供給することができる。

【0072】

(発電中に発電セルを保護する機能)

燃料電池は水素吸蔵合金をヒーターにより加熱することで必要な水素を供給する。このとき、誤作動によりヒーターの温度が過剰に上昇した場合、発電セル内に急激に水素が流れ込むことによる発電セル内部の破損を防ぐ必要がある。

【0073】

本発明の液体搬送装置を燃料タンクと発電セルとの間に設けるように構成することで、本発明のバルブは、発電中に発電セルに水素が急激に流れ込むことを防ぐ機能を有する。

燃料タンク内のヒーターに誤作動が生じ、過剰の水素が燃料供給部に流れ込んだ時、バルブが閉じるため、発電セルを保護するストップバルブとして機能することができる。

【0074】

また、本発明の図10に示す流体搬送装置を燃料電池に利用することにより、バルブの開閉状態を検知し、それに基づいて燃料の流れを制御することができる。また、流体搬送装置に流れる燃料を電極間に生じる静電容量に基づいて検出し、燃料の流れを制御することができる。よって、本発明の液体搬送装置は、燃料電池の流量制御に有効に活用できる。

【0075】

また、本発明の流体搬送装置を用いて燃料を制御しながら燃料を搬送するシステムを実現することができる。

さらに、燃料の制御は、一定時間ごとに静電容量を検出するため、消費電力を小さくできる。特に小型の燃料電池では、簡単な構造で正確な燃料制御を行う必要があるため、本発明が有効に活用できる。

【0076】

(ストップバルブが正常に動作していることを検知する機能)

燃料タンクに水素を充填する間、発電セルを保護するためにバルブが閉状態になることが必要である。本発明の流体搬送装置を利用して、バルブの開閉状態を検知することができる。これにより、ストップバルブが正常に動作していることを検知することができる。

【0077】

例えば、破損等でバルブが正常に動作しない場合は電極間の接触が検知されない。この場合、警告音を発生させることによりストップバルブの異常と水素漏れの危険を使用者に知らせることができる。

【0078】

(燃料タンクに供給された水素の充填が終了したことを検知する機能)

本発明の流体搬送装置は、燃料タンクに供給された水素の充填が終了したことを検知する機能として用いることができる。燃料タンク内に水素が充填された場合、バルブが開いて水素を発電セルに供給する必要がある。本発明の流体搬送装置を用いたスイッチとしての機能により、バルブの開閉状態を検知することができる。

【0079】

水素の充填が終了すると燃料タンク内の圧力は低下する。バルブの上流側と下流側の圧力差がバルブの閉る閾値圧力より小さくなるため、バルブは開き発電セルに水素を供給する。この時、電極間の接触がなくなることを検知することにより、水素の充填が終了したことを知ることができる。

【実施例1】

【0080】

以下、実施例を用いて本発明をより詳細に説明する。なお、実施例中における、寸法、形状、材質、作製プロセス条件は一例であり、本発明の要件を満たす範囲内であれば、設計事項として任意に変更することが可能である。

【0081】

本実施例では、流体の圧力を変化させることにより開閉の制御を行うバルブを有する液体搬送装置の実際の作製例を示す。

図5に図1の液体搬送装置の具体的な作製例を示す。前記液体搬送装置は、図5 (b)に示すように、基板500、501、502、503、504からなる。図5 (a)は、図1に示される流路が形成される基板500の平面図を示す。図5 (b)は、図5 (a)中のB-B'間の断面図、図5 (c)は図5 (a)中のC-C'間の断面図を示す。

【0082】

図5 (b)により、流体が流路109からバルブ内、そして流路110を通過してリザーバ104に抜けるまでの具体的な経路を示す。基板500中に形成された流路109を通過した流体は、基板504に形成されたスルーホール505を通って、基板503内に形成されたバルブ内流路の内、太い流路を有する領域304に注入される。基板503内に形成された平板301は、流体の圧力およびバネ302のバネ定数により決定される量の変位を受け、平板301が基板502内の細い流路を有する領域303の入り口を塞いだ場合、流体は基板502内の太い流路を有する領域304内で止まり、それ以上流路303へは流れていかない。一方、平板301が流路303の入り口を塞ぐまでに至らなかつた場合、流体は流路305、流路303を通過し、基板501内に形成された流路506へと流れる。その後、基板502に形成されたスルーホール507を通過し、基板503に形成されたスルーホール508を通過し、基板504に形成されたスルーホール509を通過した後、基板500に形成された流路110へと注入される。そしてリザーバ104を経由してシステムの外へ廃棄される。

【0083】

各部の寸法の例を以下に説明する。基板500、501の厚みは200～500μmである。基板502、504の厚みは200μmである。基板500、501に形成される流路の幅は100μm、深さは20～100μmである。基板503はSOI基板を用いており、シリコン/シリコン酸化膜/シリコンの厚みが5μm/0.5μm/200～500μmとなっている。基板502、503、504に形成されるスルーホール303、505、507、508、509は直径100μmである。バルブ内の太い流路で形成される領域304、305は、直径300μmである。バルブを形成する平板301は直径200μm、厚み5μmで、バネ302は長さ50μm、厚み5μm、幅20～40μmである。流路305の長さ、すなわち変位のない状態の平板301と流路303の距離は5μmである。基板504内の各リザーバの直径は1mmである。

【0084】

次に、本実施例のバルブの作製工程を説明する。図6は、基板503の作成方法を、図5 (b)におけるB-B'断面図に相当する断面にて示したものである。

まずSOI基板600の、シリコンの厚み $5\text{ }\mu\text{m}$ の側にフォトリソグラフィ法を用いて、フォトレジスト601により図3(a)に示した平板301、バネ302を含むバルブの形状と、スルーホール508を有するパターンを形成した【図6(a)】。

【0085】

次に、フォトレジスト601をエッチングマスクとしてSOI基板600を、SF₆ガスとC₄F₈ガスのプラズマによりドライエッチングし、深さ $5\text{ }\mu\text{m}$ の平板301、バネ302と、スルーホール508の一部を形成した【図6(b)】。その際、シリコン酸化膜層をエッチングストッパーとして用いている。

【0086】

次に、O₂プラズマ処理によりフォトレジストを除去した後、液温110℃の硫酸および過酸化水素水の混合溶液により基板を洗浄した【図6(c)】。

次に、SOI基板600のシリコンの厚み $200\sim500\text{ }\mu\text{m}$ の側にフォトリソグラフィ法を用いて、フォトレジスト602により流路304と、スルーホール508を有するパターンを形成した【図6(d)】。

【0087】

次に、フォトレジスト602をエッチングマスクとしてSOI基板600を、SF₆ガスとC₄F₈ガスのプラズマによりエッチングストッパーであるシリコン酸化膜に到達するまでドライエッチングし、流路304の一部と、スルーホール508の一部を形成した【図6(e)】。

【0088】

次に、フォトレジスト602をエッチングマスクとしてSOI基板600中の露出されたシリコン酸化膜を、CF系ガスを用いたプラズマによりドライエッチングし、流路304と、スルーホール508を形成した【図6(f)】。

【0089】

最後に、O₂プラズマ処理によりフォトレジストを除去した後、液温110℃の硫酸および過酸化水素水の混合溶液により基板を洗浄した【図6(g)】。

以上の作製工程により基板503の構造が完成した。

【0090】

基板500、501は、ガラス基板にフォトリソグラフィ法とHFを用いたウェットエッチングにより流路をパターンングする。基板502はシリコンを用い、基板503と同様、フォトリソグラフィ法とSF₆ガスとC₄F₈ガスのプラズマによるドライエッチングの組み合わせにて作製する。基板504は、ガラスを用い、サンドプラス加工にてスルーホールを形成する。

【0091】

以上 の方法で作製された基板500、501、502、503、504は熱融着法により接合した(図示しない)。

【実施例2】

【0092】

次に、図5で作製した分析装置を利用し、安息香酸、サリチル酸、フェノールの混合溶液をHPLC(high performance liquid chromatography)により分離分析するための装置を作製した。図7にその概略図を示す。

【0093】

装置700は基板上に構成され、第一の流路である流路710、第二の流路である流路703、流路704、第三の流路である流路711、第四の流路である流路706、流路707、注入用交差箇所705を有し、流路703と流路704の間にバルブ708を、流路706と流路707の間にバルブ709を有する。流路703には、バルブ708とは逆側の端にリザーバ701が、流路707には、バルブ709とは逆側の端にリザーバ702が接続されている。流路710には、注入用交差箇所705とは逆側の端に装置700の外部からポンプ712およびフローコントローラー713が接続され、流路711は注入用交差箇所705とは逆側の端に外部分析装置、すなわちHPLCカラム714が

接続されている。

【0094】

バルブ708、709に、図5(b)に示した流体差圧駆動型バルブを用いる。図5(b)の流路109、流路110が、708ではそれぞれ流路704、流路703に、バルブ709ではそれぞれ流路706、流路707にあたる。リザーバ701、702、にはそれぞれ電極が接続され(図示しない)、電気浸透流による流体の移動を制御する。

【0095】

分析対象サンプル溶液としては、安息香酸、サリチル酸、フェノールを100mMリン酸緩衝液($\text{pH}=7.0$; $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{Na}_2\text{HPO}_4$)に溶解させた混合水溶液を用意する。また、移動相溶液として、前記リン酸緩衝液とメタノールを75:25に混合した溶液を用意する。

【0096】

次に、分析の工程を示す。まず、移動相溶液を装置700内部の全ての流路中に満たす(図示しない)。次に、図7(a)に示すように、リザーバ701より分析対象サンプル溶液を導入し、電気浸透流により流路703、バルブ708、流路704、注入用交差部705、流路706、バルブ709、流路707という経路を通って、リザーバ702へと搬送する。この際、リザーバ701の電位を5kVに設定し、リザーバ702を接地する。また、図7(a)の工程中は、バルブ708、バルブ709は終始開いている。

【0097】

次に、図7(b)に示すように、ポンプ712により流路710に電気浸透流よりも高い圧力を印加する。これにより、バルブ708、およびバルブ709は閉じられ、注入用交差部705中の溶液が切り取られてサンプルプラグ715を形成し、圧力流により流路711を移動して、外部分析装置であるHPLCカラム714に導入される。この際、ポンプにより印加した圧力は0.1~0.3MPaである。

【0098】

HPLCカラム714は、ODS(オクタデシル化シリカ)カラムを用いた逆相クロマトグラフィーであり、紫外光吸収検出器によって、分離された各成分の検出を行った。前記紫外光の波長は280nmである。その結果、安息香酸、サリチル酸、フェノールの溶離時間の差に基づいた3本の明瞭な出力信号ピークを得ることができた。

【0099】

以上のように、電気浸透流と圧力流を組み合わせることにより溶液の流れを制御し、一定量のサンプルを取り取り圧力流によって搬送するシステムが実現できる。特にHPLCでは、電気浸透流による圧力をはるかに超える高圧力でサンプルを注入しなければならず、本発明が有効に活用できる実施例と言える。

【実施例3】

【0100】

次に、図5で作製した分析装置を利用し、グルタミン酸デヒドロゲナーゼ(Glutamate dehydrogenase)、乳酸デヒドロゲナーゼ(Lactate dehydrogenase)、エノラーゼ(Enolase)、アデニル酸キナーゼ(Adenylate kinase)、チロクロームc(cytochrome c)の5種類のタンパク溶液をHPLCにより分離分析するための装置を作製した。図7にその概略図を示す。

【0101】

装置700は基板上に構成され、第一の流路である流路710、第二の流路である流路703、流路704、第三の流路である流路711、第四の流路である流路706、流路707、注入用交差箇所705を有し、流路703と流路704の間にバルブ708を、流路706と流路707の間にバルブ709を有する。流路703には、バルブ708とは逆側の端にリザーバ701が、流路707には、バルブ709とは逆側の端にリザーバ702が接続されている。流路710には、注入用交差箇所705とは逆側の端に装置700の外部からポンプ712およびフローコントローラー713が接続され、流路711

は注入用交差箇所705とは逆側の端に外部分析装置、すなわちHPLCカラム714が接続されている。

【0102】

バルブ708、709に、図5(b)に示した流体差圧駆動型バルブを用いる。図5(b)の流路109、流路110が、708ではそれぞれ流路704、流路703に、バルブ709ではそれぞれ流路706、流路707にあたる。リザーバ701、702、にはそれぞれ電極が接続され(図示しない)、電気浸透流による流体の移動を制御する。

【0103】

分析対象サンプル溶液としては、前記5種類のタンパク質を0.3M NaClを含む50mMリン酸緩衝液(pH=7.0)に溶解させた混合水溶液(各タンパク質の終濃度:1.5mg/mL)を用意する。また、移動相溶液として、前記リン酸緩衝液とメタノールを75:25に混合した溶液を用意する。

【0104】

次に、分析の工程を示す。まず、移動相溶液を装置700内部の全ての流路中に満たす(図示しない)。次に、図7(a)に示すように、リザーバ701より分析対象サンプル溶液を導入し、電気浸透流により流路703、バルブ708、流路704、注入用交差部705、流路706、バルブ709、流路707という経路を通って、リザーバ702へと搬送する。この際、リザーバ701の電位を5kVに設定し、リザーバ702を接地する。また、図7(a)の工程中は、バルブ708、バルブ709は終始開いている。

【0105】

次に図7(b)に示すように、ポンプ712により流路710に電気浸透流よりも高い圧力を印加する。これにより、バルブ708、およびバルブ709は閉じられ、注入用交差部705中の溶液が切り取られてサンプルプラグ715を形成し、圧力流により流路711を移動して、外部分析装置であるHPLCカラム714に導入される。この際、ポンプにより印加した圧力は0.1~0.3MPaである。

【0106】

HPLCカラム714は、シリカ系のGFC(サイズ分離)モードのカラムであり、紫外光吸収検出器によって、分離された各タンパク質の検出を行った。前記紫外光の波長は280nmである。その結果、グルタミン酸デヒドロゲナーゼ、乳酸デヒドロゲナーゼ、エノラーゼ、アデニル酸キナーゼ、チロクロームcの分子量に相関する溶離時間の差に基づいた5本の明瞭な出力信号ピークを得ることができた。

【0107】

以上のように、電気浸透流と圧力流を組み合わせることにより溶液の流れを制御し、一定量のサンプルを切り取り圧力流によって搬送するシステムが実現できる。特にHPLCでは、電気浸透流による圧力をはるかに超える高圧力でサンプルを注入しなければならず、本発明が有効に活用できる実施例と言える。

【実施例4】

【0108】

次に、図10で説明した流体搬送装置を利用し、静電容量に基づき流体の流量を制御する実施例について説明する。

図10に示す流体搬送装置は、デジタルカメラに搭載される燃料電池において、燃料を貯蔵するための燃料貯蔵部と発電するための発電部の間に接続される。図19は燃料電池に接続したバルブの拡大図である。図19に示す流体搬送装置は、平板301に第1の電極1801と、バルプシート1004に第2の電極1802を有している。また、第1の電極と第2の電極上に絶縁膜(図示しない)を有してもよい。さらに、第1の電極と第2の電極は前記電極間の静電容量を検出するための外部回路(図示しない)に接続されている。電極材料としてはアルミニウム、絶縁材としてはシリコン酸化膜を使用する。燃料タンク内の水素吸蔵合金はLaNi₅を使用する。電力を供給するデジタルカメラは7Wの電力が必要である。このとき、供給する水素の流量は50ml/min必要であるため、供給する基準流量を50ml/minとする。

【0109】

次に、燃料を制御しながら燃料を搬送する工程について説明する。

まず発電の命令があると、燃料タンクから燃料極に水素が搬送される。次に、静電容量を検出し搬送する水素の流量を求めるとき $20\text{ ml}/\text{min}$ である。求めた流量は基準流量 $50\text{ ml}/\text{min}$ を下回るため、LaNi₅の加熱を開始する。このとき、LaNi₅の水素解離圧が上昇するため、水素搬送圧が上昇する。次に、静電容量を検出し搬送する水素の流量を求めるとき $70\text{ ml}/\text{min}$ である。求めた流量は基準流量を上回るため、LaNi₅を冷却する。このとき、LaNi₅の解離圧が低下するため、水素搬送圧が低下する。次に、静電容量を検出し搬送する水素の流量を求めるとき $50\text{ ml}/\text{min}$ である。

【0110】

前記の工程を繰り返すことにより、基準流量は $50\text{ ml}/\text{min}$ に精度良く制御することができる。その結果、燃料電池は7Wの電力を発電しデジタルカメラを安定して使用することができる。

【0111】

以上のように、バルブを流れる水素の流量を検出し、それに基づいて水素発生圧力を制御することにより、水素を所定の流量に制御することができる。特に、小型の燃料電池では、簡単な構造で燃料の供給を正確に行う必要があるため、本発明が有効に活用できる実施例と言える。

【実施例5】

【0112】

次に、図10で説明した流体搬送装置を使用し、バルブの開閉を検知して燃料の制御を行う実施例について説明する。

図10に示す流体搬送装置は、デジタルカメラに搭載される燃料電池において、燃料を貯蔵するための燃料貯蔵部と発電するための発電部の間に接続される。図19は燃料電池に接続したバルブの拡大図である。図19に示す流体搬送装置は、平板301に第1の電極1801と、バルブシート1004に第2の電極1802を有している。さらに、第1の電極と第2の電極は前記電極間の接触を検出するための外部回路（図示しない）に接続されている。電極材料としてはアルミニウムを使用する。燃料タンク内の水素吸蔵合金はLaNi₅を使用する。電力を供給する小型電子機器は7Wの電力が必要である。このとき、供給する水素の流量は $50\text{ ml}/\text{min}$ 必要である。また、バルブは $100\text{ ml}/\text{min}$ の水素が流れると閉じるように設計されている。

【0113】

次に、バルブの開閉を検知し、バルブの開閉状態に基づいて燃料を搬送する工程について説明する。

まず発電の命令があると、燃料タンクから燃料極に水素が搬送される。バルブ部に水素が流れることにより、平板301はバルブシート1004側に変位する。このとき、バルブが開状態であることを検知し、LaNi₅の加熱を開始する。LaNi₅の解離圧が上昇するため、水素搬送圧が上昇する。次に、ヒーターに誤作動が生じた場合を仮定し、燃料貯蔵部を外部から強制的に加熱する。このとき、LaNi₅の解離圧が上昇し、水素搬送圧はさらに上昇する。このとき、バルブを流れる流量は $100\text{ ml}/\text{min}$ 以上となりバルブは閉じる。これにより、電極間の接触が外部回路により検知されるためLaNi₅の加熱を停止する。その結果、LaNi₅の解離圧が低下し、水素搬送圧が低下する。さらに、バルブの燃料貯蔵部側と発電部側との差圧はバルブが閉じる閾値圧力より小さくなるため、バネ302の復元力によりバルブは開状態になる。以上の工程を繰り返すことにより、バルブを流れる水素を制御することができる。

【0114】

以上のように、バルブの開閉を検知し、それに基づいてLaNi₅の加熱と停止を繰り返すことにより、水素の搬送を制御することができる。これにより、ヒーターの誤作動により水素発生圧力が急激に上昇した場合、発電部の破損を防止するのと同時に、発生圧力が所定の圧力になるまでヒーターの加熱を停止することができる。特に、小型の燃料電池

では、簡単な構造で燃料の供給を正確に行う必要があるため、本発明が有効に活用できる実施例と言える。

【産業上の利用可能性】

【0115】

本発明の流体搬送装置は、微小流路から一定量のサンプルを切り取る方法として、流路中を流れる流体の圧力を変化させることにより開閉の制御を行うバルブを有する方法を用いているので、搬送中に液体中の成分の分離が行われることなく、元の組成を保ったままサンプルを他の分析装置へ搬送することができ、また、高圧力によるサンプルの搬送も可能となるので、特にチップ上で化学分析や化学合成を行う小型化分析システム（μ-TAS）において、流体の流れを制御するためのバルブを用いた流体搬送装置として利用することができる。

【0116】

また、本発明の流体搬送装置は、スイッチや流量計の機能を兼ね備えることができるため、構造を複雑にすることなく、流量を制御しながら流体を搬送する微小流路システムを実現することができる。特に小型の燃料電池では簡単な構造で正確な燃料制御を行う必要があるため、本発明の流体搬送装置を利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0117】

【図1】本発明の液体の導入方法の一実施形態を示す概念図である。

【図2】本発明の液体の導入方法の一実施形態を示す概念図である。

【図3】液体が流れることによって生じる圧力差により駆動する液体制御素子の一実施形態を示す概念図である。

【図4】液体が流れることによって生じる圧力差により液体制御素子が駆動する工程を示す図である。

【図5】液体が流れることによって生じる圧力差により駆動する液体制御素子の一実施形態を示す概念図である。

【図6】液体が流れることによって生じる圧力差により駆動する液体制御素子の製造方法を示す工程図である。

【図7】本発明の液体の導入方法の実施例を示す概念図である。

【図8】従来の液体の導入方法を示す概念図である。

【図9】本発明の液体の搬送方法の一実施形態を示す概念図である。

【図10】本発明の流体搬送装置の一実施形態を示す概念図である。

【図11】流体搬送装置の駆動工程を示す概念図である。

【図12】本発明の流体搬送装置を用いた燃料電池の断面構造を示す概念図である。

【図13】本発明の流体搬送装置を用いた燃料電池の断面構造を示す概念図である。

【図14】本発明の流体搬送装置を用いた燃料電池の構成を示すブロック図である。

【図15】本発明の燃料電池に設けられたバルブの部分を拡大した図である。

【図16】本発明の流体搬送装置を燃料電池に用いたときの流量の制御工程示す図である。

【図17】流体を制御する制御方法のフローチャートである。

【図18】流体を制御する制御方法のフローチャートである。

【図19】燃料電池に本発明の流体搬送装置を備えた一実施形態を示す概念図である

【符号の説明】

【0118】

100、1001、1101 液体搬送装置

101、102、103、104 リザーバ

105、106、107 流路

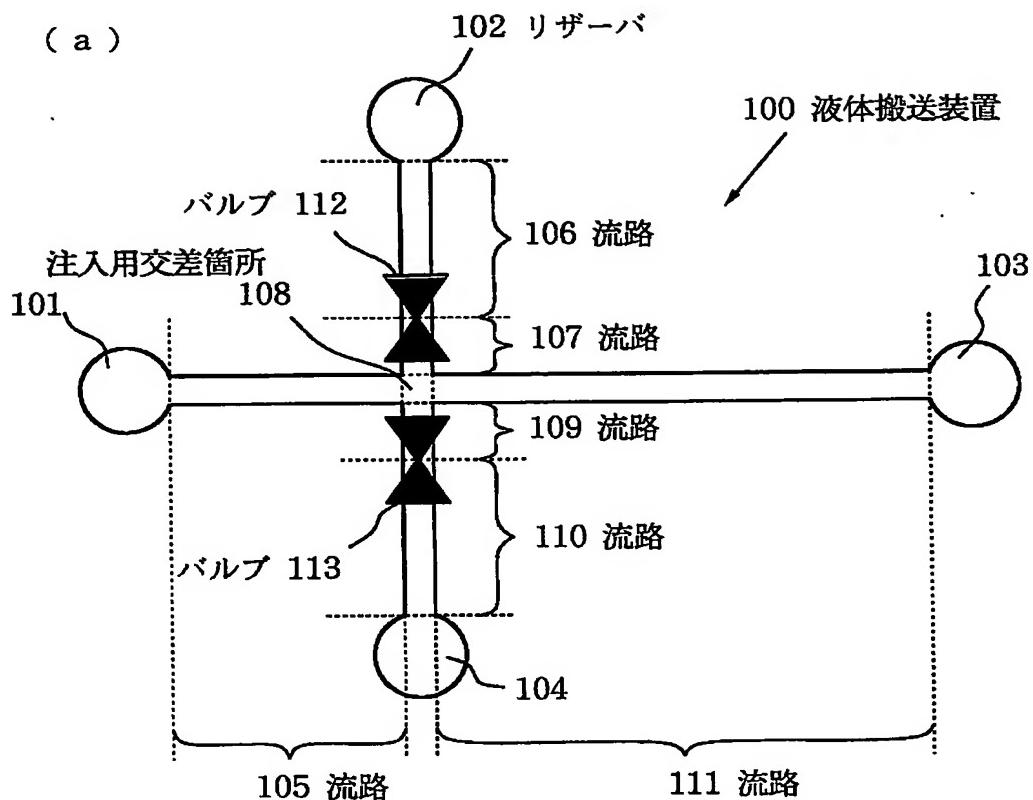
108 注入用交差箇所

109、110、111 流路

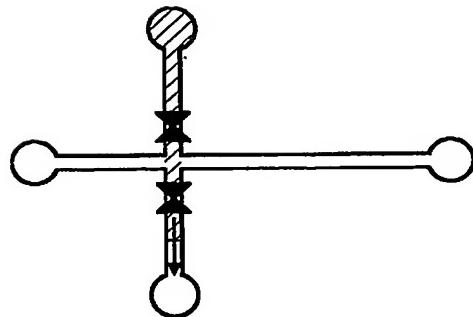
112、113 液体制御素子（バルブ）
114 サンプルプラグ
300 液体制御素子（バルブ）
301 平板
302 バネ
303、304、305 バルブ内流路
401、402 液体の流れ
500、501、502、503、504 基板
505 スルーホール
506 流路
507、508、509 スルーホール
600 SOIウエハ
601、602 フォトレジスト
700 液体導入装置
701、702 リザーバ
703、704 流路
705 注入用交差箇所
706、707 流路
708、709 液体制御素子（バルブ）
710、711 流路
712 ポンプ
713 フローコントローラー^一
714 HPLCカラム
715 サンプルプラグ
800 液体搬送装置
801、802、803、804 リザーバ
805、806、807、808 流路
809 注入用交差箇所
810 サンプル
811 電気泳動により分離したサンプルプラグ
812 外部検出器
901 流路
902 バイパス流路
903 流路
904 バルブ
905 流体素子（HPLCカラム）
1002、1102、1901 第1の電極
1003、1103、1902 第2の電極
1004 バルブシート
1005 引き出し配線
1301 通気孔
1302 電極
1303 燃料注入口
1304 燃料タンク
1305 マイクロバルブ
1306 燃料電池セル
1307 水素の供給方向
1308 空気の供給方向
1309 電気の供給方向
1501 高分子電解質

1502 酸化剤極
1503 燃料極
1504 燃料供給部
1505 ヒーター
1506 水素吸蔵合金
1601 燃料極室
1602 フィルター
1603 水素の流れ
2001 絶縁膜

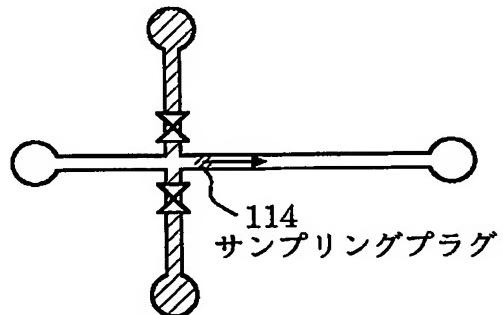
【書類名】 図面
【図1】



(b)

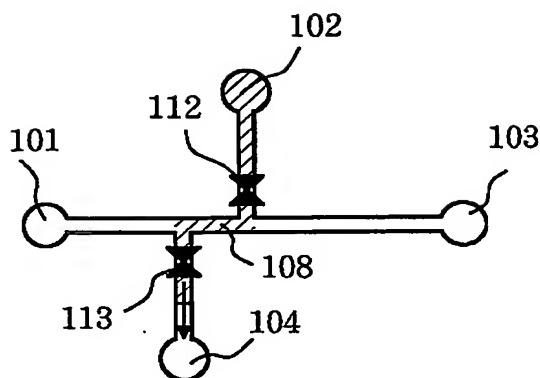


(c)

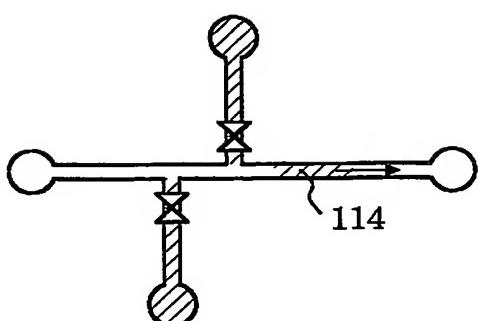


【図2】

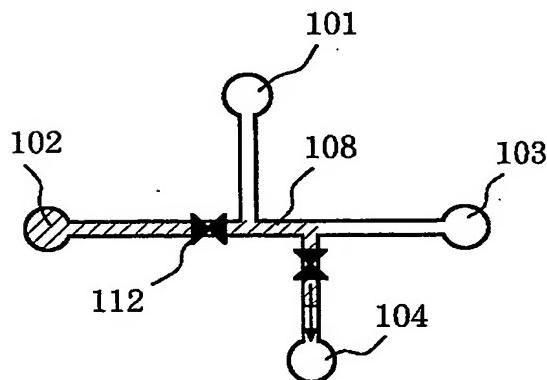
(a)



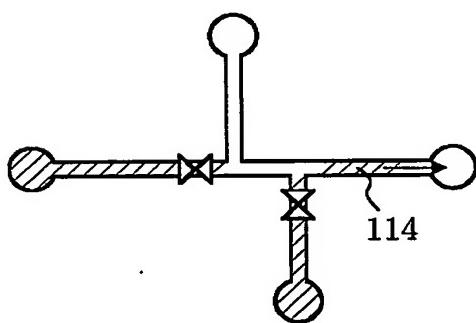
(b)



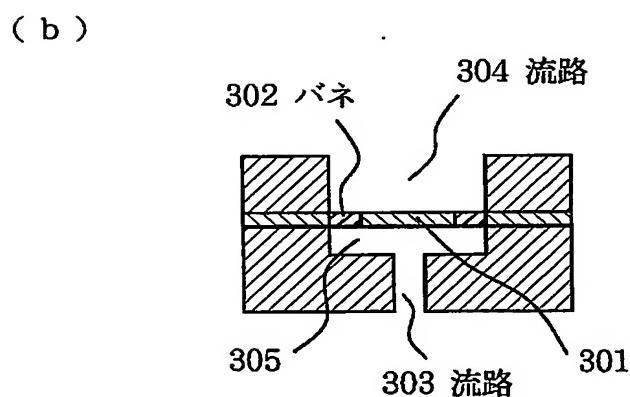
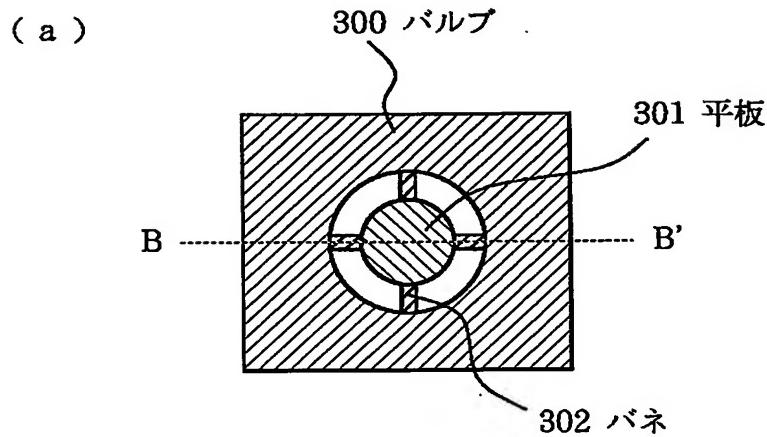
(c)



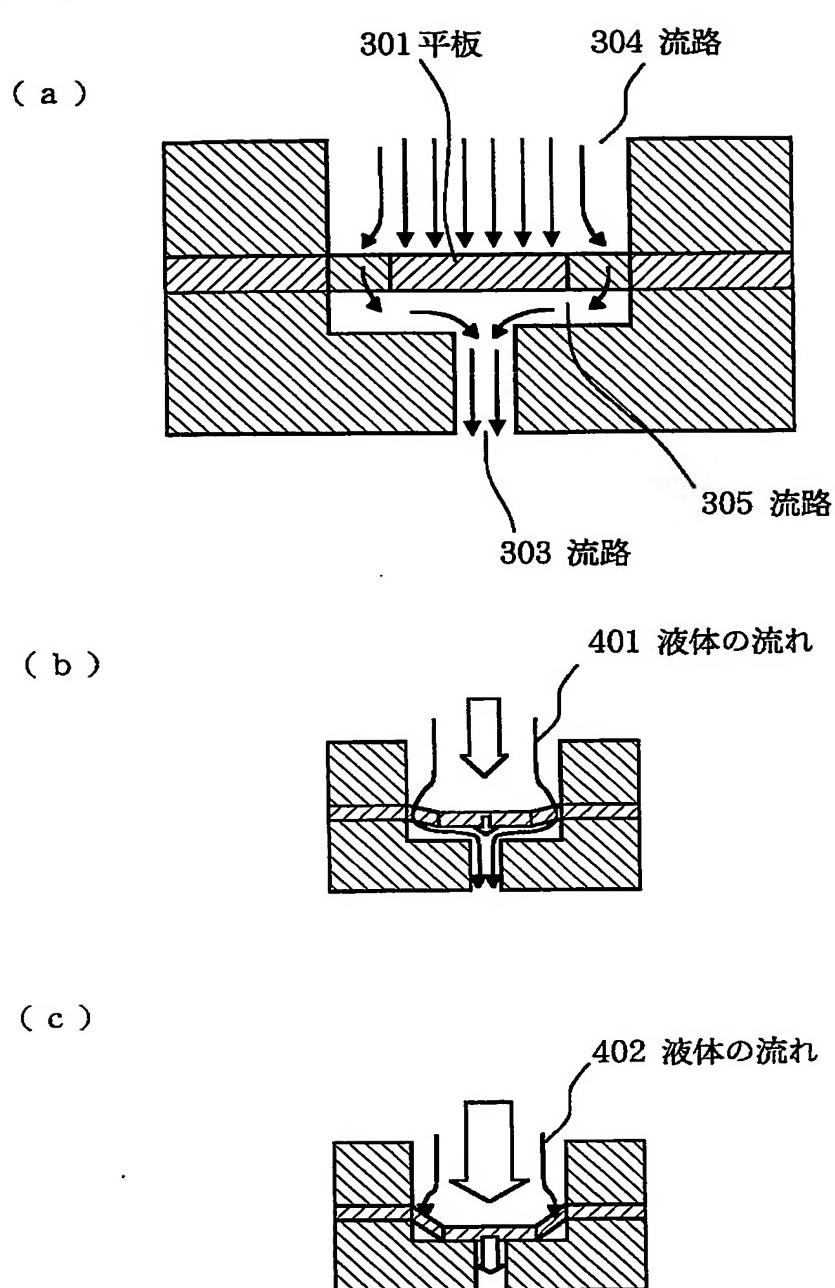
(d)



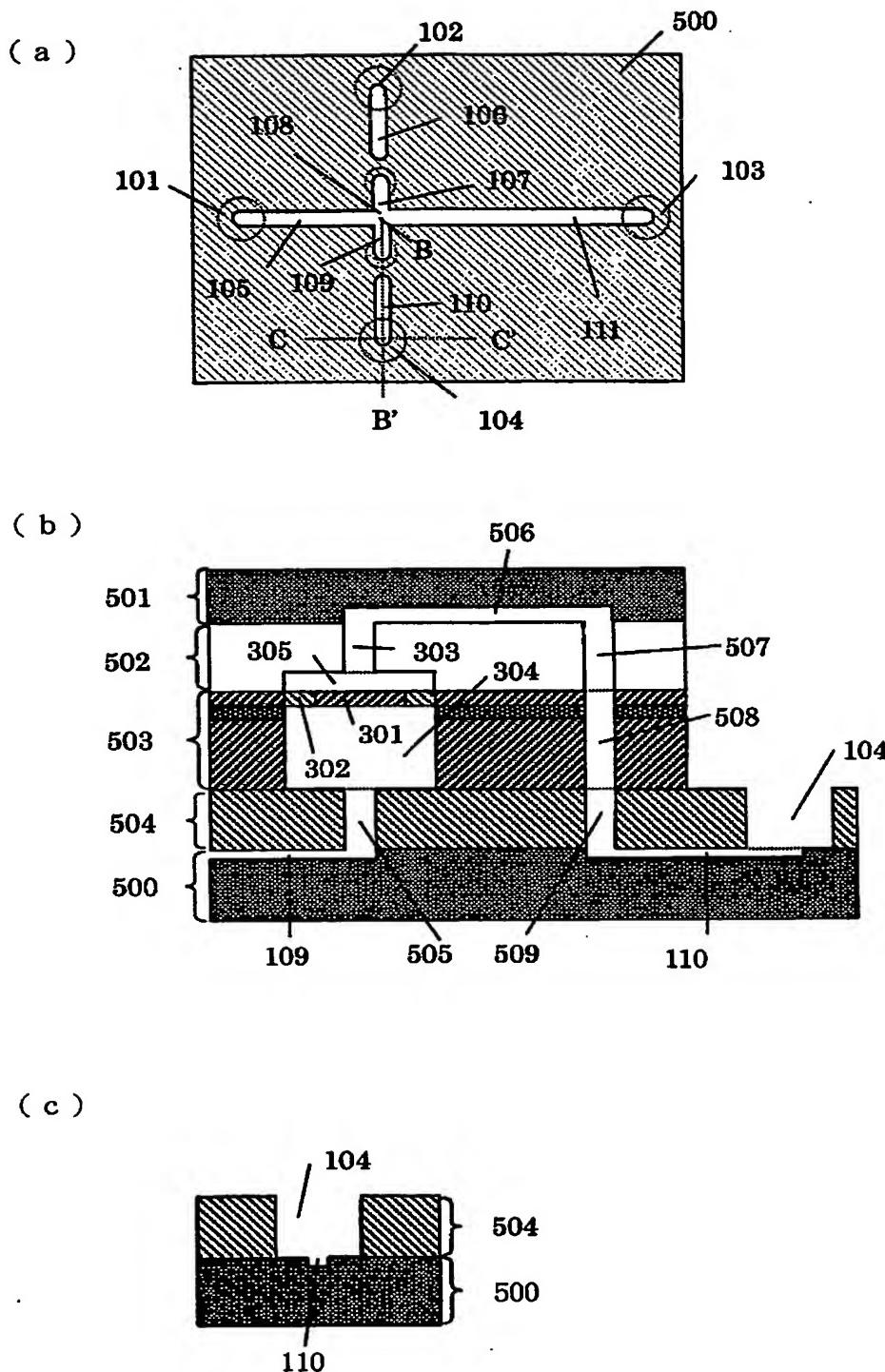
【図3】



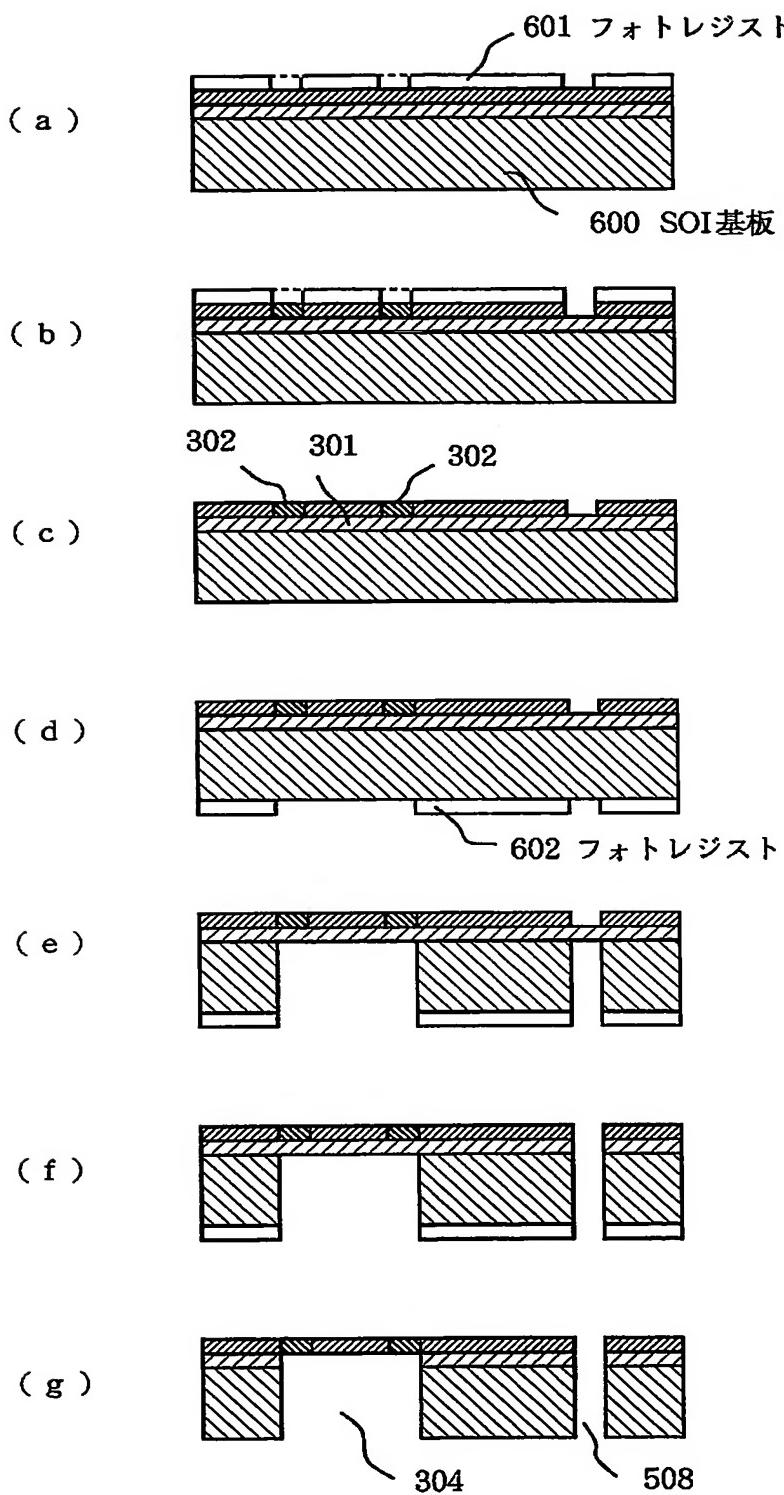
【図4】



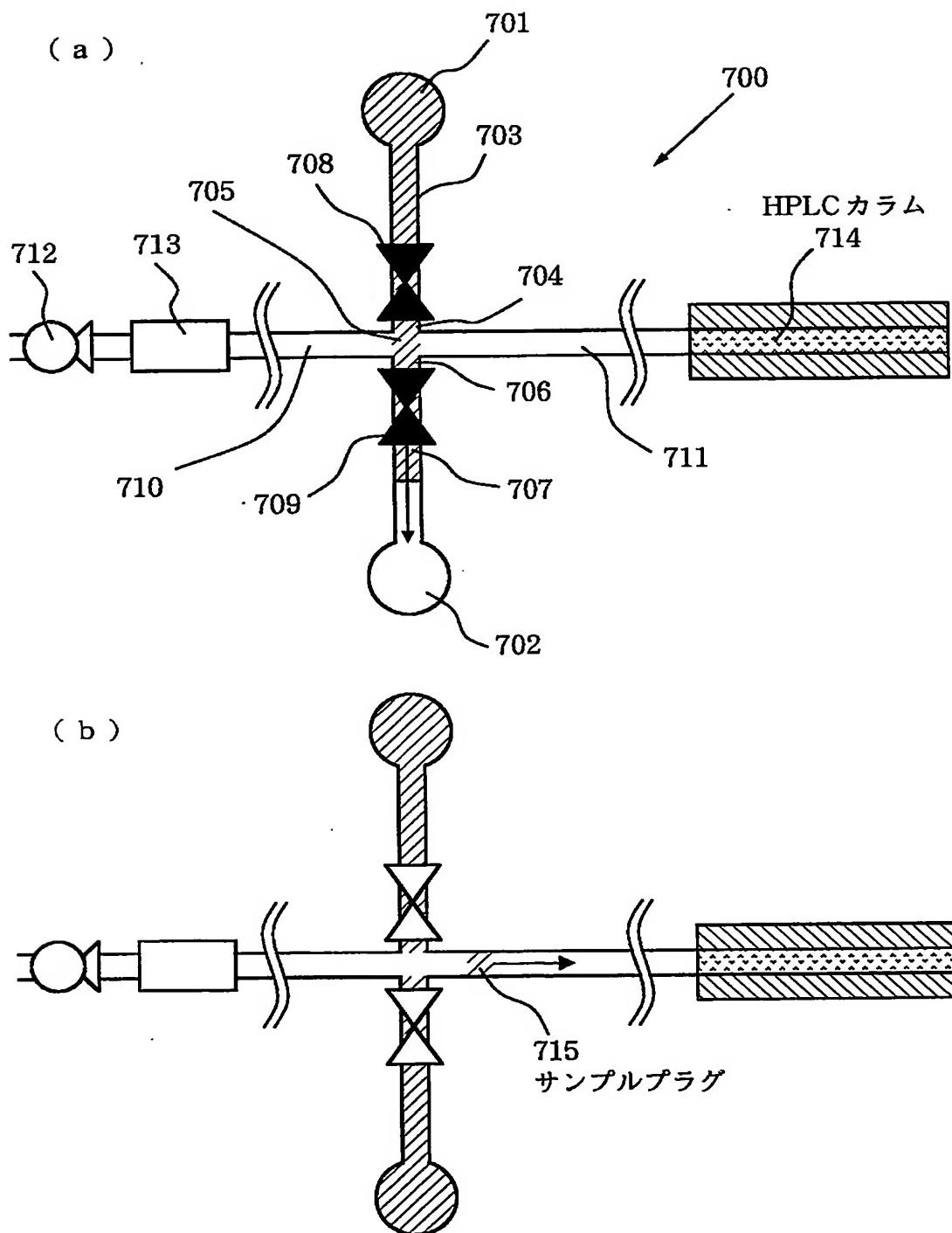
【図5】



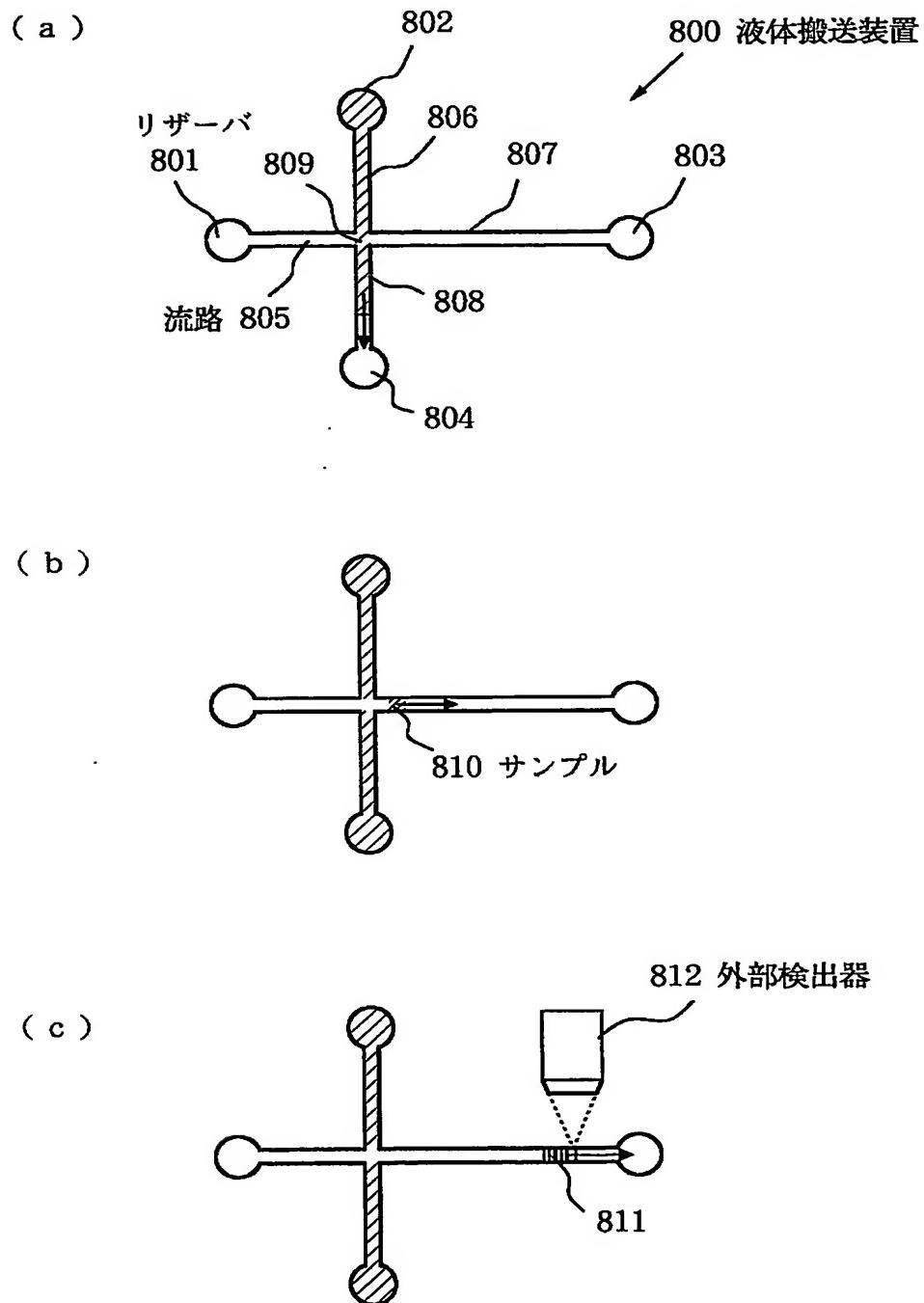
【図6】



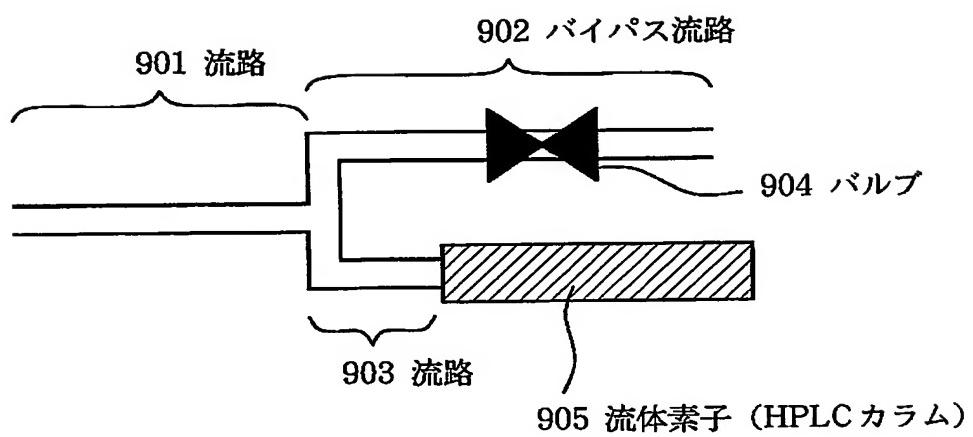
【図7】



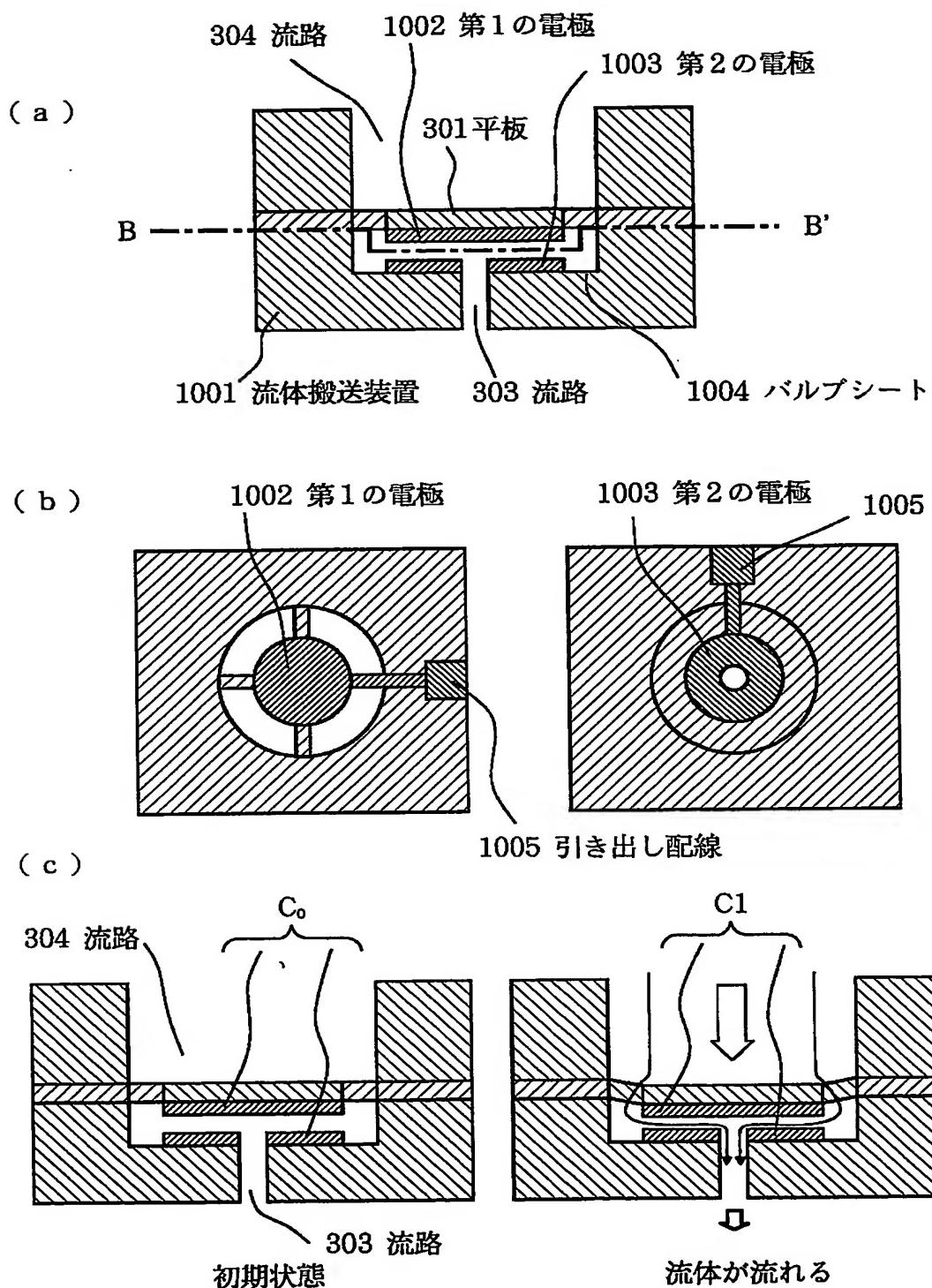
【図 8】



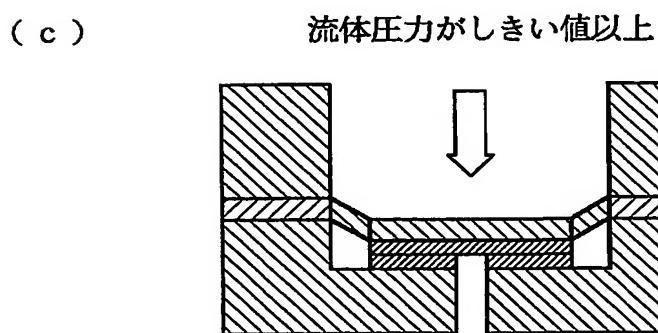
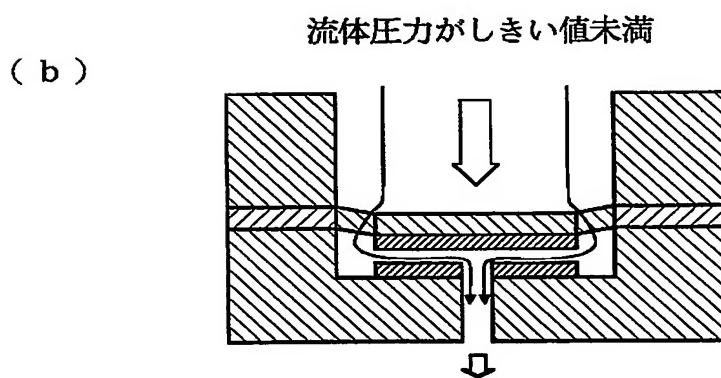
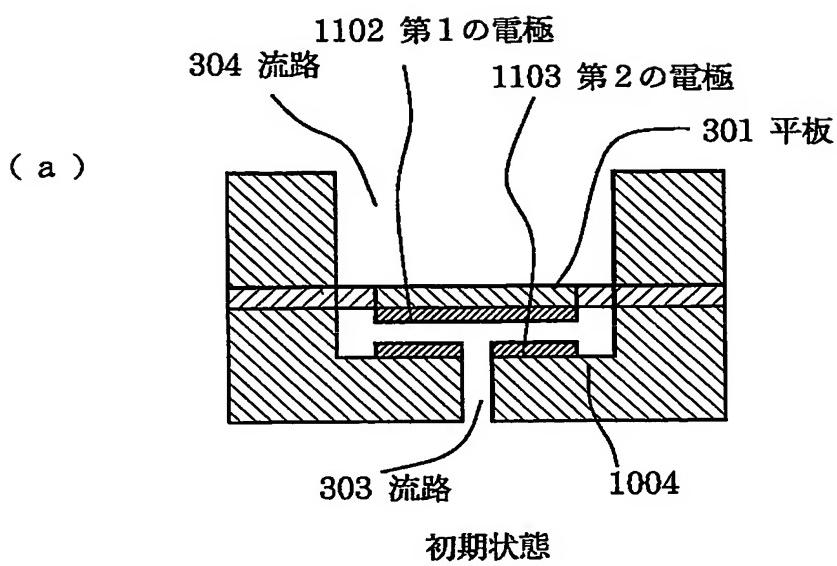
【図9】



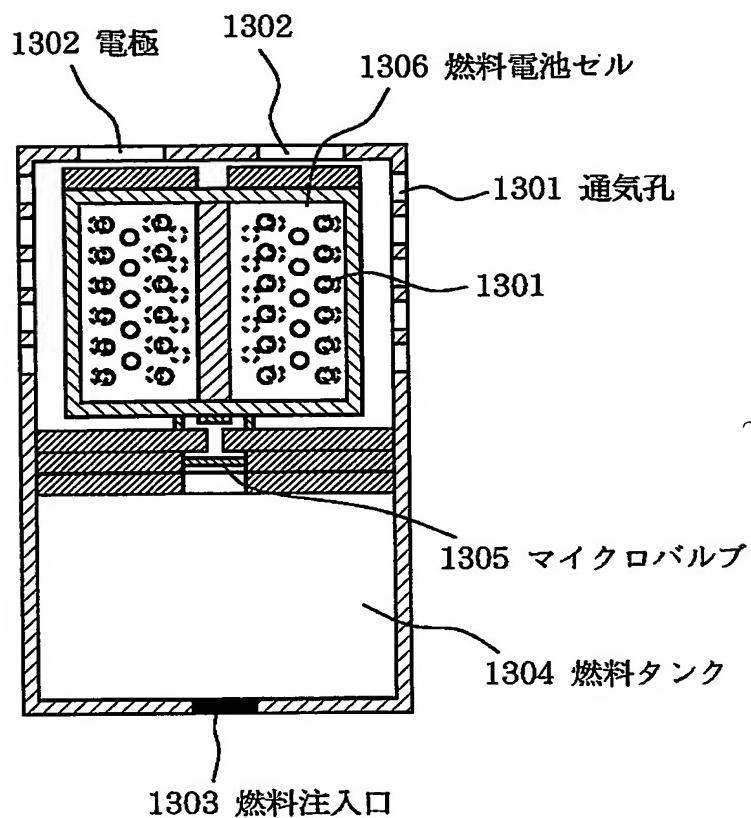
【図10】



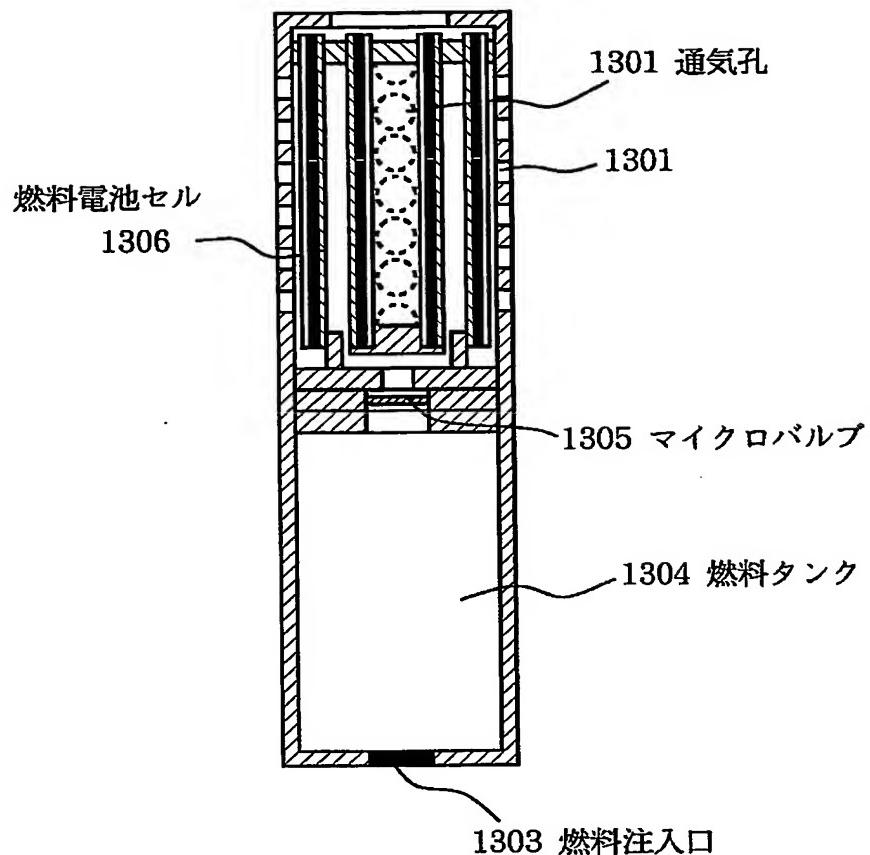
【図11】



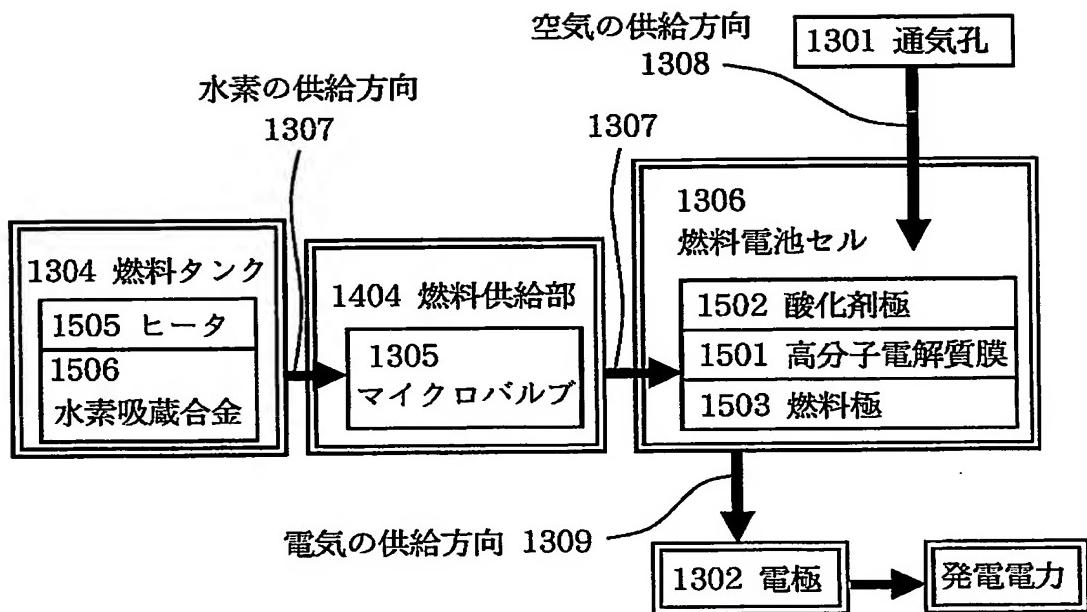
【図12】



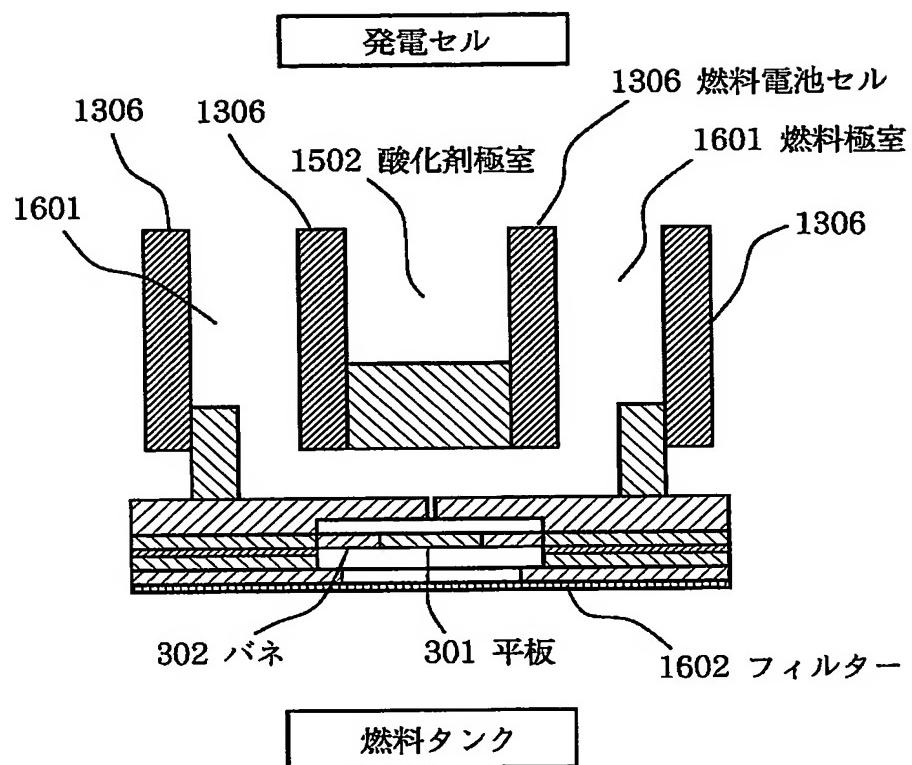
【図13】



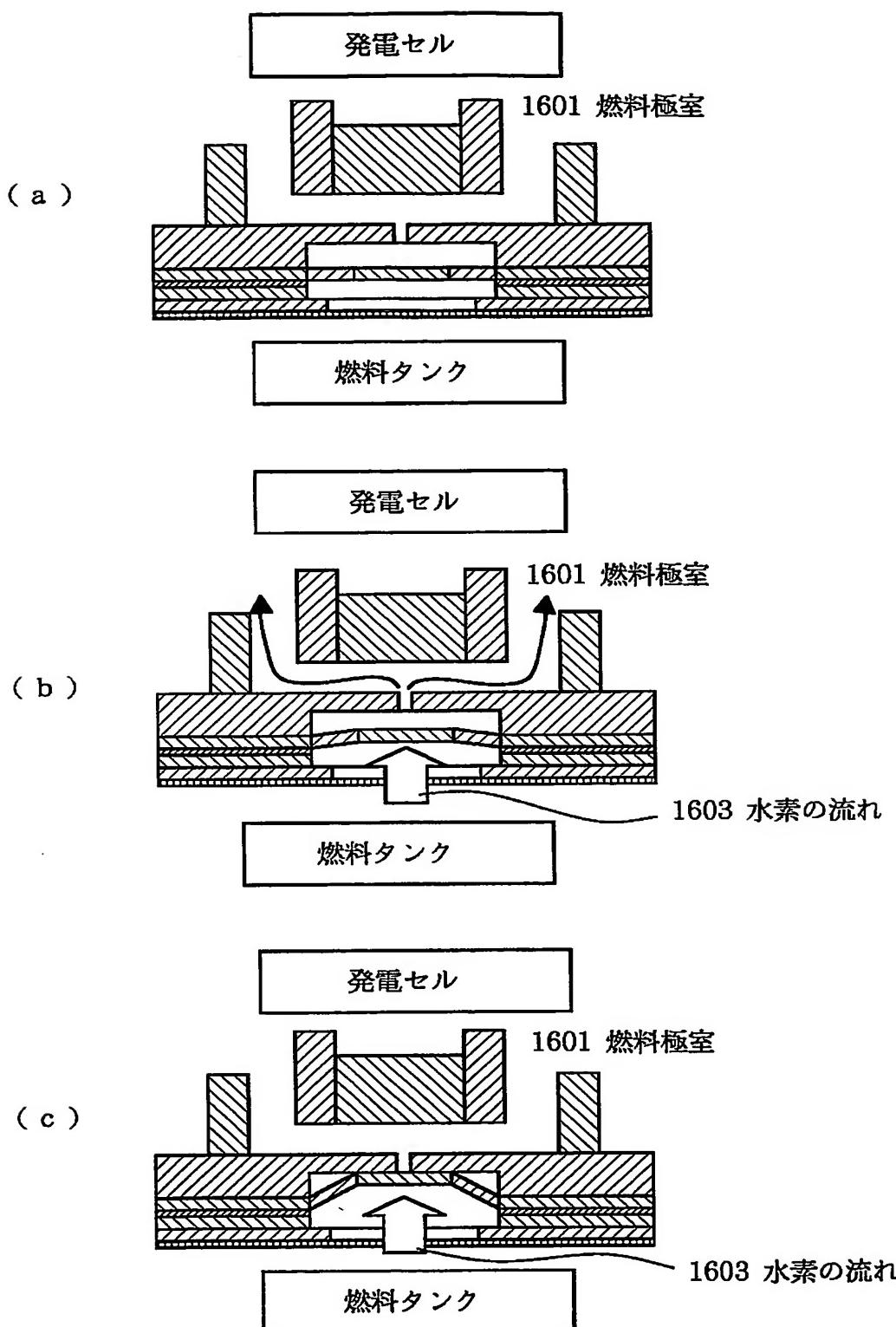
【図14】



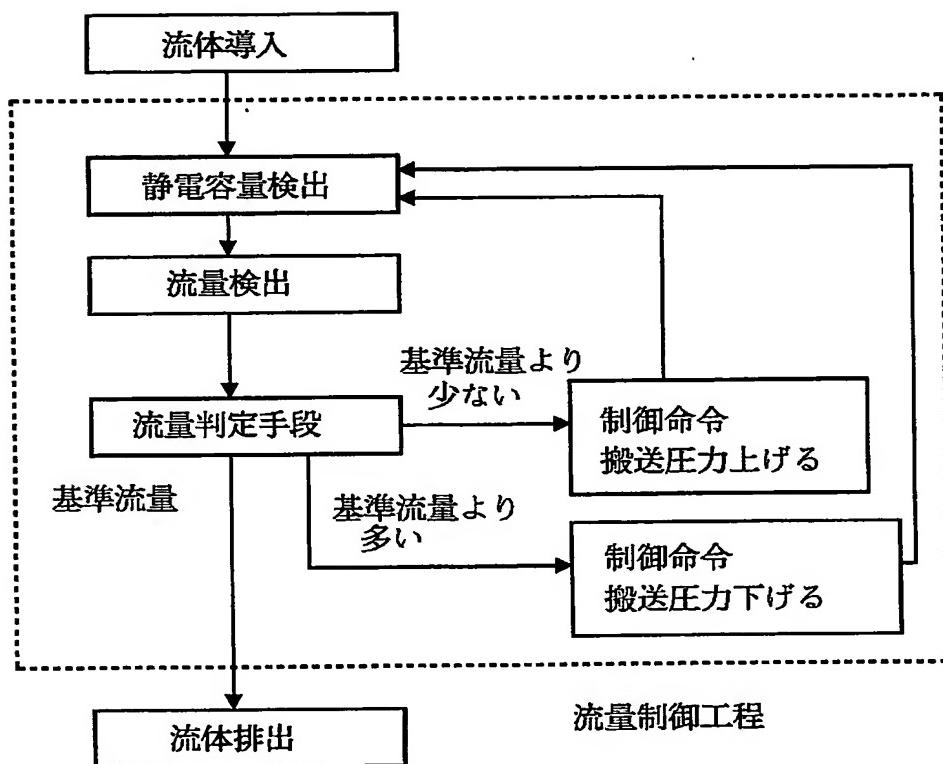
【図15】



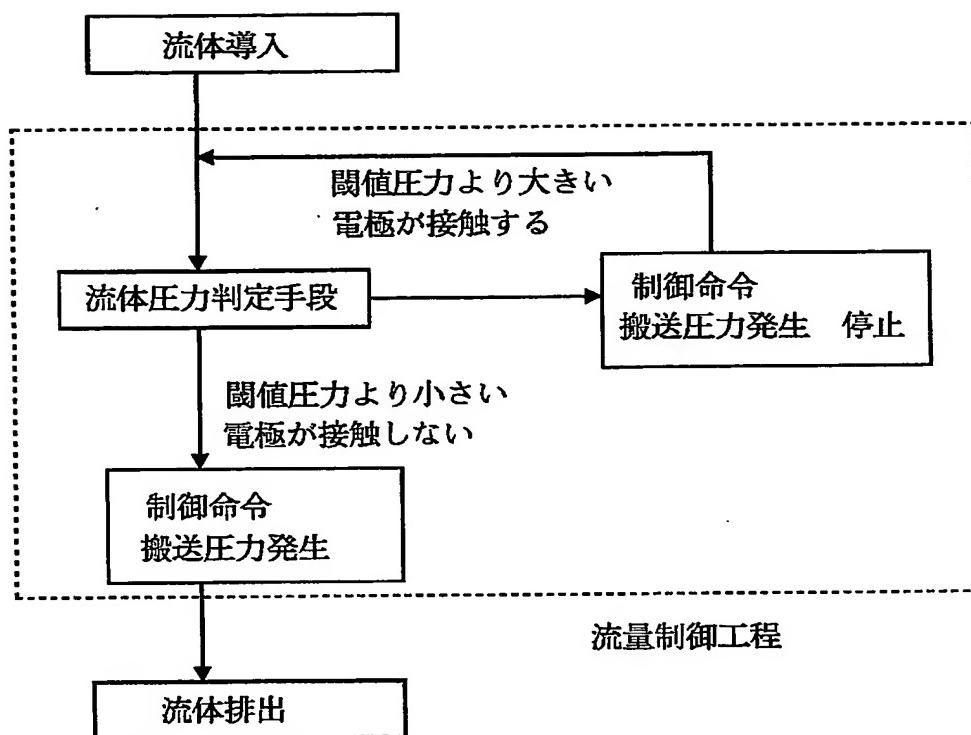
【図16】



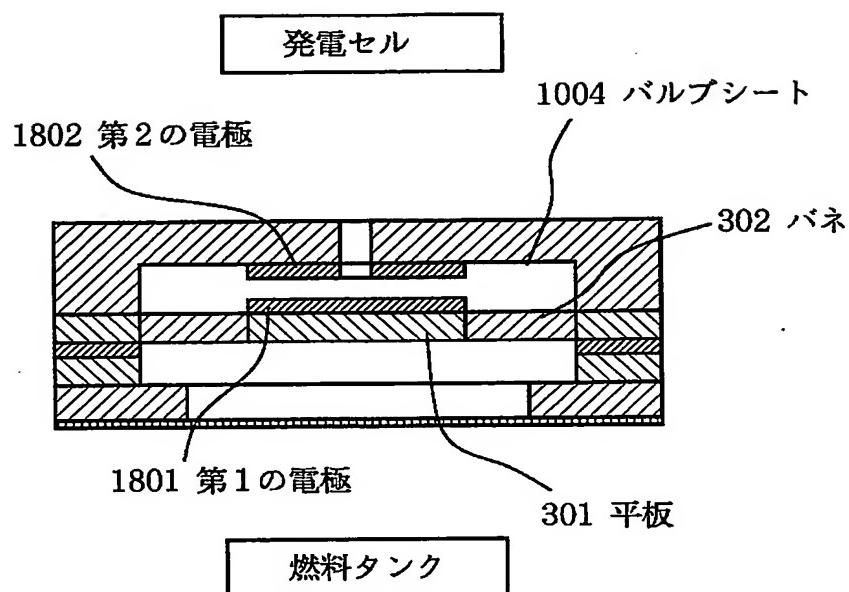
【図17】



【図18】



【図19】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 微小流路から一定量のサンプルを切り取る工程をバルブの開閉の制御により行う微小流路装置からなる流体搬送装置を提供する。

【解決手段】 流体の流れを制御するためのバルブを備えた流体搬送装置であって、前記流体の流路と、前記流路の途中に位置するバルブとを備え、前記バルブは、前記流路に前記流体が流れたときに前記バルブの上流側と下流側との間に生じる圧力差に応じて作動し、前記圧力差が所定の値 P_0 未満のときは流体を通過させ、前記圧力差が前記 P_0 以上のときは流体の流れを遮断する流体搬送装置。

【選択図】 図4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2004-051277
受付番号	50400312233
書類名	特許願
担当官	第四担当上席 0093
作成日	平成16年 3月 2日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000001007
【住所又は居所】	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
【氏名又は名称】	キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】	100069017
【住所又は居所】	東京都豊島区北大塚2丁目11番5号 平和堂ビル403号室 渡辺特許事務所
【氏名又は名称】	渡辺 德廣

特願 2004-051277

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名

キヤノン株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING.**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.